8° H. lit. u. 109
(37)
~~22~~
Geschichte

H. Z. 168. a.

<36603667470015

<36603667470015 S

Bayer. Staatsbibliothek

H. lit. U. 109
25

Hist. lit. Syst. comp. 39.

BIBLIOTHECA
REGIA
MONACENSIS

Geſchichte

der

Phyſik

seit der Wiederherſtellung der Künſte und Wiſſenſchaften
bis auf die neueſten Zeiten

von

Johann Carl Fiſcher,

der Philoſophie Prof. zu Jena und verſchied. gelehrten Geſellſchaften
Ehrenmitgliede.

Erſter Band.

Mit fünf Kupfertafeln.

Göttingen,

bey Johann Friedrich Röwer,

1801.

Geſchichte
der
Künſte und Wiſſenſchaften
ſeit der Wiederherſtellung derſelben bis an das Ende
des achtzehnten Jahrhunderts.

Von
einer Geſellſchaft gelehrter Männer
ausgearbeitet.

Achte Abtheilung.

Geſchichte der Naturwiſſenſchaften.

I. Geſchichte der Naturlehre

von

Johann Carl Fiſcher.

Erſter Band.

Göttingen,
bey Johann Friedrich Röwer.
1801.

BIBLIOTHECA
REGIA
MONACENSIS

Geſchichte
der
Künſte und Wiſſenſchaften
ſeit der Wiederherſtellung derſelben bis an das Ende
des achtzehnten Jahrhunderts.

Von
einer Geſellſchaft gelehrter Männer
ausgearbeitet.

Neunte Lieferung
enthält
Geſchichte der Poeſie und Beredſamkeit
von
Friedrich Bouterwek.
Erſter Band.
Geſchichte der Philoſophie
von
Johann Gottlieb Buhle.
Zweiter Band Zweite Hälfte.
und
Geſchichte der Phyſik
von
Joh. Chr. Fiſcher.
Erſter Band.

Göttingen,
bey Johann Friedrich Röwer.
1801.

Dem

Durchlauchtigſten Erbprinzen, Fürſten und Herrn

Herrn

Bernhard Ehrich Freund

Herzogen zu Sachſen, Jülich, Cleve und Berg, auch Engern und Weſtphalen, Landgrafen zu Thüringen, Marggrafen zu Meiſſen, gefürſteten Grafen zu Henneberg, Grafen zu der Mark und Ravensberg, Herrn zu Ravenſtein ꝛc.

Meinem

gnädigſten Fürſten und Herrn

von

Sachſen-Coburg-Meiningen.

widmet

dieſe Schrift

als

ein geringes Opfer der unterthänigſten Hochachtung

und

unbegränzten Ehrfurcht

der Verfaſſer,
unterthänigſter Knecht.
Johann Carl Fiſcher.

Vorrede.

Bey Uebergabe dieſer Schrift würden es wohl meine geehrteſten Leſer mir wenig Dank wiſſen, wenn ich ihnen mit einer langen Vorrede beſchwerlich fallen wollte. Ich werde bloß mit wenigen Worten die Einrichtung derſelben anführen, damit ſie nur einiger Maaßen im Voraus ſehen können, was ſie von mir an dieſer gewiß ſehr mühſamen Arbeit zu erwarten haben. Nach meiner Ueberzeugung iſt diejenige Ordnung, nach welcher die Fortſchritte der in die Phyſik gehörigen Gegenſtände bloß chronologiſch erzählt werden, ſehr mangelhaft und ſelbſt zweckwidrig; denn ſie verſtattet ganz und gar nicht, das Ganze ſo darzuſtellen, daß man es gleichſam mit einem Blicke überſehen könne, und den allmähligen Fortgang eines jeden beſondern Theils klar vor Augen zu legen, welches alles aber doch meiner Meynung nach beſonders die Geſchichte der Phyſik verlangt. Mir ſchien es daher weit zweckmäßiger und vortheilhafter zu ſeyn, die chronologiſche Ordnung zugleich mit der wiſſenſchaftlichen zu verbinden, um ſo dem Ganzen eine beſſere Rundung und den einzelnen Theilen eine ihren Fortſchritten angemeſſene und deutliche Darſtellung zu geben. Ich theile daher die Geſchichte der Phyſik überhaupt in zwey Perioden ab; die erſtere faßt den Zeitraum ſeit der Wiederherſtellung der Wiſſenſchaften bis auf Newton, und die andere den von Newton bis auf die neueſten Zeiten. Eine jede von dieſen beyden Perioden zerfällt hiernächſt wieder in Epochen, deren jede von einer gewiſſen merkwürdigen Verände-

änderung entweder des Ganzen oder eines einzelnen Theils der Phyſik angeht, und ſich bis zu einer ſolchen nächſtfolgenden Veränderung erſtreckt, mithin eine unbeſtimmte Reihe von Jahren enthält. Eine jede Epoche aber begreift zwey Abſchnitte unter ſich, wovon der erſte die Geſchichte der allgemeinen, und der zweyte die Geſchichte der beſondern Phyſik erzählt. Endlich aber wird ein jeder von dieſen beyden Abſchnitten wieder in beſondere Kapitel abgetheilt, je nachdem dieß eine oder die andere abzuhandelnde Materie erfordert. Hiebey muß ich nur noch bemerken, daß ich bey jedem Schluſſe einer Epoche mich nicht ängſtlich auf ein gewiſſes beſtimmtes Jahr eingeſchränkt, ſondern vorzüglich darauf Rückſicht genommen habe, daß nichts in einer Epoche berührt wird, was die folgende beſonders merkwürdig macht.

Aus dem vorliegenden erſten Bande wird man die Probe meiner Bearbeitung ſelbſt hinreichend erſehen. Ich habe mich bemüht, das Nöthigſte ohne alle Weitläuftigkeit ſo plan und deutlich zu erzählen, daß auch der angehende Phyſiker dabey gar keine Schwierigkeiten finden wird. Ja ich ſchmeichele mir ſogar, dem letztern eine Schrift in die Hände zu geben, die ihm noch vor Erlernung der Phyſik ſehr nützlich werden kann, indem er daraus die Lehren dieſer vortrefflichen Wiſſenſchaft von einer Stufe der Vollkommenheit zur andern Schritt vor Schritt gleichſam vor ſeinen Augen entſtehen ſieht, und zugleich die Männer kennen lernt, denen wir alle dieſe Entdeckungen

ſchul=

ſchuldig ſind. Ueberdem wird er auch zur Genüge erkennen, daß es ein eitles Unternehmen iſt, die Naturerſcheinungen und deren Geſetze aus bloßen Schlüſſen a priori abzuleiten, wie es heutzutage wieder Mode zu werden ſcheint. Es iſt zwar richtig, daß ein Theil der Naturwiſſenſchaft, der nämlich, welcher die Naturkräfte betrifft, bloß metaphyſiſch iſt; allein es würde ein unverzeihlicher Fehler ſeyn, ihn aus unſern Verſtandeskräften in die wirkliche Natur zu legen; wir müſſen ihn vielmehr gerade umgekehrt aus der Natur ſelbſt heraus heben; oder mit andern Wörten, wir dürfen keine Principien a priori feſtſetzen, und nach dieſen die Naturerſcheinungen abmeſſen, ſondern wir müſſen die erſten Grundſätze aus der Natur herausdemonſtriren, und nun darauf alle Erfahrungen bauen; dieß ſo aufgeführte Gebäude wird meiner geringen Einſicht nach erſt unerſchütterlich feſt ſtehen.

Sollte auch dieſe meine Bemühung mit einigem Beyfall aufgenommen werden, ſo bin ich feſt entſchloſſen, wenn mir die Vorſehung meine Jahre verlängern will, auch die alte Geſchichte der Phyſik den Liebhabern der Phyſik zu überliefern, wovon ich bereits einen guten Theil ausgearbeitet habe. Ich erwarte bloß das Urtheil der Kunſtrichter, die mir vielleicht noch einige Winke zur Vervollkommnung dieſer meiner Arbeit zu geben im Stande ſind, die ich gewiß mit dem größten Dank annehmen werde. Denn mein Beſtreben geht bloß dahin, allgemein nützlich zu ſeyn, und

ich würde mich als einen gefühllosen Menſchen bloß ſtellen, wenn mich nicht ſchon die gute Aufnahme der erſten Theile meines phyſikaliſchen Wörterbuchs noch mehr aufmuntern ſollten, in die Geheimniſſe der Natur ſo tief einzudringen, als es meine Kräfte verſtatten. Dabey werde ich mich aber keineswegs von einem ſolchen hohen Urtheile, wie vor kurzem Herr Gilbert in Halle über ähnliche phyſikaliſche Wörterbücher, wie das des Herrn Gehlers, fällte, abſchrecken laſſen. Wie lächerlich iſt nicht der Gedanke, daß andere minder vollkommene Unternehmungen dem Gehleriſchen bloß deßwegen vorgezogen würden, weil ſie nach der Mode abgefaßt wären. Ich ſchätze das Gehler'ſche Werk gar ſehr; aber ſollen wir denn, eben weil es Herr Gilbert will, von neuen Verſuchen dieſer Art ſchweigen, welche uns zu richtigern und beſtimtern Grundſätzen der Phyſik führen? — Doch die gute Aufnahme der neuern Wörterbücher bürgt ſchon dafür, daß Herrn Gilberts Winke keinen ſo großen Einfluß darauf haben werden, als er ſich einbildet. Um deſto mehr iſt es aber auch meine Pflicht, ſelbſt in der Geſchichte der Phyſik an dem gehörigen Orte die Gründe der atomiſtiſchen und dynamiſchen Lehre näher und deutlicher aus einander zu ſetzen, damit meine geehrteſten Leſer ſelbſt entſcheiden können.

Mir bleibt nichts weiter übrig, als mich meinen Leſern aufs beſte zu empfehlen.

Jena
im März des Jahres 1801.

Geſchich-

Geſchichte der Phyſik
seit der
Wiederherſtellung der Künſte und Wiſſenſchaften.

Erſte Periode.

Geſchichte der Phyſik bis zur Mitte des ſiebenzehnten Jahrhunderts nach Chriſti Geburt.

Erſte Epoche.

Geſchichte der Phyſik bis zu Carteſius Zeiten.

Erſter Abſchnitt.

Geſchichte in Rückſicht der allgemeinen Phyſik.

So ſehr auch die Menſchheit überhaupt durch den Zeitraum der großen Barbarey unter einem despotiſchen Joche geſeufzet hatte, und die Bildung der meiſten Menſchen durch Vorurtheile und religiöſe Blindheit auf die niedrigſte Stufe herabgeſunken war, ſo daß ſelbſt der größte Hauſe von denjenigen, welche richtigere Begriffe von Sachen zu beſitzen glaubten, aus blinder Vorliebe gegen damalige Religion mit Vorurtheilen eingenommen war: ſo kann man ſich doch nicht genugſam verwundern, daß ſelbſt in denjenigen Staaten, wo dieſe Barbarey am höchſten geſtiegen war, zuerſt ein Schimmer zu beſſern Ausſichten hervordämmerte. Selbſt die Wiſſenſchaften, welche durch die mißverſtandene ariſtoteliſche Philoſophie in den traurigſten Zuſtand verſetzt waren, fiengen daſelbſt wieder aufzuleben an. Die Phyſik insbeſondere, wel-

che einen Theil der ſcholaſtiſchen Philoſophie ausmachte, erhielt bald eine ganz andere Geſtalt, nachdem man die Spitzfindigkeiten und leeren Terminologien der Scholaſtiker zu beſtreiten anfieng, und beſonders auf Anrathen des Lords Baco von Verulamio, von welchem ich in der Folge mehr zu reden Gelegenheit haben werde, den Weg der Erfahrung zu Hülfe nahm. Man wird durch die nachfolgende Erzählung in Erſtaunen geſetzet werden, wie ſchleunig die Phyſik faſt in allen ihren Theilen nach einem ſo langen und tiefen Schlafe Fortſchritte machte, und wie die ſiegende Vernunft die Vorurtheile ſchnell auf die Seite zu räumen vermochte.

Erſtes Kapitel.

Von den ſogenannten erſten Neuerern (Novatoren) der Phyſik.

Wenn man ſich den damaligen Zuſtand recht lebhaft vorſtellet, in welchen die Wiſſenſchaften ſich befanden, ſo war es wahrhaftig ein kühnes Unternehmen, der einmal enthuſiaſtiſch verehrten ariſtoteliſchen Philoſophie auch nur im mindeſten zu widerſprechen. Denn die Verehrung derſelben gieng ſo weit, daß man diejenigen, die derſelben entgegen waren, als Ketzer betrachtete, und ſie daher auf die ſchändlichſte Art verfolgte. Sollten alſo auch die meiſten erſten Neuerer der Phyſik, welche alle eine gewiſſe Meynung von den alten griechiſchen Philoſophen vertheidigten, weiter keine wichtige Entdeckungen in dieſer Wiſſenſchaft gemacht

macht haben, indem ſie größtentheils den richtigen Weg, nämlich den der Erfahrung, nicht betraten, ſo war doch ihr Schritt überaus wichtig; denn dadurch mußte nothwendig der Anfang zur Untergrabung der Ariſtoteliſchen Philoſophie gemacht werden. Dieſerwegen halte ich es auch für nöthig, die Geſchichte dieſer Neuerer und derſelben Meynungen von den Dingen der Welt überhaupt nur kürzlich zu berühren.

Der erſte, welcher es wagte, der Ariſtoteliſchen Philoſophie zu widerſprechen, war Bernhardinus Teleſius, ein Neapolitaniſcher Edelmann von Cozenza gebürtig. Er hatte das Unglück von Kaiſer Carls V. Armee, welche damals Rom eroberte, in 14jährige Gefangenſchaft zu gerathen. Nach dieſer Zeit ſtudirte er zu Padua die Mathematik, womit er zugleich die Philoſophie verband. Seine Schriften arbeitete er zu Cozenza aus, und, da ſie Beyfall erhielten, wurde er nach Neapel berufen, wo er über ſelbige Vorleſungen hielt. Er iſt zu Cozenza im Jahre 1588 geſtorben. Die Schrift von ihm, welche eigentlich hieher gehört, iſt folgende: de rerum natura juxta principia propria libri IX. ad Ferdinandum Caraſam, Nuceriae ducem. Neapoli 1586. fol. Die Meynung, welche Teleſius in dieſer Schrift vertheidiget, und mit Gründen zu unterſtützen ſucht, gehöret eigentlich dem Parmenides zu. Von dieſer Philoſophie handelt auch in einem eigenen Buche Baco de Verulamio [a]), welcher zugleich muthmaßet,

a) De principiis atque originibus ſecundum tabulas Cupidinis et Coeli ſ. Parmenidis et Teleſii, et praecipue Democriti philoſophia, tractata in fabula de Cupidine. in opp. Franc. 1665. fol. p. 666. ſqq.

maßet, daß vielleicht Teleſius durch die Schrift de primo frigido, ſo dem Plutarch zugeeignet wird, auf des Parmenides Meynung gebracht worden ſey. Dieſer Meynung zu Folge nimmt Teleſius erſte Formen und Subſtantien, welche jedoch unkörperlich ſind, nämlich Wärme und Kälte an. Ueberdem behauptet er eine primitive Materie, ganz ohne alle Thätigkeit, für beyde unkörperliche Weſen aber gleich empfänglich. Durch Einwirkung der Kälte und Wärme auf die primitive Materie entſtehet ein dichter und dünner Körper (corpus denſum et rarum). Wärme iſt zugleich der Grund der Bewegung und Kälte der Grund der Ruhe. Die Wärme beſitzt überhaupt folgende Eigenſchaften: die Körper zu erwärmen, ſie durchſichtig und leuchtend zu machen, die Dichtigkeit zu vermindern, und ſie zur Bewegung anzutreiben; der Kälte hingegen kommen die gerade entgegengeſetzten Eigenſchaften zu, mithin die Körper zu erhalten, undurchſichtig zu machen, die Dichtigkeit zu vermehren, und ſie zur Ruhe zu bringen. Die Eigenſchaften der Wärme finden blos am Himmel, an den Sternen, und beſonders an der Sonne, die Eigenſchaften der Kälte aber ganz allein an der Erde ſtatt. Die Wärme am Himmel ſoll von der Einwirkung der Kälte völlig frey ſeyn, indeſſen gebe es doch Grade der Wärme; ſo ſollen die Sterne eine größere Wärme als andere unbeſternte Theile am Himmel beſitzen. Auch ſoll wegen der Eigenſchaft der Wärme dem Himmel eine gewiſſe Hellheit eigen ſeyn, welche aber an verſchiedenen Stellen bald größer bald geringer ſey. Ueberdem beſtehe der Himmel aus einer materiellen Subſtanz, welche jedoch der verſchiedenen Grade der Wärme wegen eine größere oder geringere Dichtigkeit beſitze. Die Bewegung des Himmels ſey ſeiner Natur

nach

nach kreisförmig, durch die verſchiedene Wirkung der Wärme aber als Grund der Bewegung werde ſie ungleichförmig; woraus er die ungleichförmigen Bewegungen der Planeten zu erweiſen ſuchet. Was hingegen die Erde betriſt, ſo beſitze dieſe im Centro einen Theil Kälte, welcher nie auf die Wärme am Himmel wirkſam ſeyn könne; auf der Oberfläche der Erde aber, welche gleichſam die Schale oder Cruſte derſelben ausmache, müſſe man die Werkſtätte zur Erzeugung aller möglichen Körperarten ſuchen, indem daſelbſt die Einwirkung der Wärme des Himmels nebſt der von einem Theile Kälte der Erde auf die primitive Materie ſolche Körper zur Wirklichkeit bringe. Nach ſeiner Meynung rührt die ſo häufige Entſtehung der Körper in der Erdrinde daher, weil ein jedes von den beyden unkörperlichen Weſen ein Beſtreben beſitze, das andere ihm ähnlich zu machen; ſo ſuche die Sonne die Erde in eine Sonne, und hinwiederum die Erde die Sonne in eine Erde zu verwandeln. Da dieß aber 1. wegen der großen Entfernung der Sonne von der Erde, 2. wegen der ſehr ſchief auffallenden Sonnenſtrahlen, 3. wegen der ſchiefen Bewegung der Sonne durch den Thierkreis, 4. wegen der Geſchwindigkeit der Sonnenbewegung, und 5. wegen der Contiguität der Körper zwiſchen der Sonne und der Erde, durch welche die Wirkung der Sonnenſtrahlen überaus geſchwächt würde, unmöglich ſey, ſo habe die Wirkung beyder unkörperlicher Weſen gegen einander und auf die primitive Materie dieſe Folge, daß dadurch die verſchiedenen Körper in der Erdrinde erzeuget würden.

Ob nun gleich Teleſius die primitive Materie als völlig unthätig annimmt, ſo ſcheinet er ihr doch Eigenſchaften beyzulegen, welche zu erkennen geben,

daß ſie ſich bey Hervorbringung eines Körpers nicht ganz leidend dabey verhalte. Die allgemeinen Eigenſchaften, welche Teleſius der Materie zuſchreibt, ſind dieſe: ſie befördere theils die Thätigkeit der Wärme, theils ſchwäche ſie und theils ändere ſie ſelbige. Ueberdem findet ein vierfacher Unterſchied der Materie ſtatt. Der erſte Unterſchied liegt in der größern oder geringern Intenſität der Wärme, indem Teleſius meinet, daß es keinen Körper gebe, der nicht wenigſtens einige Wärme als natürlich beſitze, welche durch Einwirkung einer äuſſern Wärme zur Thätigkeit angereizt werde; und eben daher komme es, daß ein Körper deſto mehr oder weniger durch äuſſerlich auf ihn wirkenden Wärme vermöge, je mehr oder je weniger natürliche Wärme er beſäße. Der andere Unterſchied rührt von der Menge oder dem Mangel der Materie in dem Körper her; denn eine dichtere Materie vergrößere die Wirkung der Wärme, eine weniger dichte Materie aber ſchwäche ſelbige. Der dritte Unterſchied liegt in dem Zuſammenhange der materiellen Theile, welcher den Graden nach vielfältig iſt; Teleſius ſetzt ſieben ſolcher Grade: der erſte Grad iſt die Zähigkeit, welche macht, daß der Körper einer großen äuſſern Gewalt zu widerſtehen vermag, und zur Zuſammenpreſſung und Ausdehnung eine beträchtliche Kraft erfordert; der zweyte Grad iſt die Weichheit, da der Körper ohne großen Widerſtand ausweicht, und deſſen Theile ſchon durch einen geringen Druck mit den Fingern von einander getrennt werden können; der dritte Grad iſt die Klebrichkeit, welche das Nächſte von der Flüſſigkeit iſt; der vierte Grad beſtehet in der Flüſſigkeit ſelbſt; der fünfte Grad iſt der Dampf, in welchen der Körper ſich auflöſet; der ſechſte Grad iſt der noch mehr verdünnte Dampf oder Dunſt; und der ſie-

bente

bente Grad iſt die Luft ſelbſt, welche von Natur eine Wärme beſitzt, ſo daß ſie auch ſelbſt in den kälteſten Gegenden nie wieder als eine andere Maſſe erſcheinen kann. Der vierte Unterſchied endlich zeiget ſich beſonders in der Verbindung der materiellen Theile der Körper; ſo iſt die Wirkung der Wärme bey poröſen Körpern anders, als bey ſolchen, die mehr compakte Materie haben.

Uebrigens giebt ſich Teleſius ſehr viele Mühe, zu zeigen, wie es nach ſeinen Grundſätzen möglich ſey, daß oft Körper ganz entgegengeſetzte Eigenſchaften zu haben ſcheinen, als die er ſeinen unkörperlichen Weſen beylegt. So giebt es z. B. Körper, welche die Wirkung der Wärme ungemein befördern, auch die ſchon warm ſind, und gleichwol eine ſehr große Dichtigkeit beſitzen, dabey ruhen und undurchſichtig ſind; im Gegentheil giebt es lockere Körper, welche ſich bewegen, durchſichtig und weiß, gleichwol aber dabey kalt ſind, u. ſ. f. Bey dieſer Unterſuchung aber ſcheint Teleſius nicht glücklich zu ſeyn. Ueberhaupt geſteht er ſelbſt ein, daß es ihm überaus dunkel vorkomme, auf welche Art und Weiſe durch die verſchiedene Wirkung der unkörperlichen Weſen auf die primitive Materie die mancherley Arten der Körper erzeuget werden können; ſo ſagt er: qui porro calor vel quantus, h. e. quod caloris robur, et quae ejus copia, quam terrae et quae entia in qualia invertat, minime inquirendum videtur, ut quod homini (ut nobis videtur) innoteſcere queat ratione. Qui enim vel caloris vires et calorem ipſum veluti in gradus partiri, vel materiae, cui inditus eſt, copiam quantitatemque diſtincte percipere et certis determinatisque caloris viribus copiaeque, certam

materiae quantitatem, diſpoſitionemque, certasque actiones, a'.: centra, certae materiae quantitati, certisque actionibus, certam determinatamque caloris copiam aſſignare liceat? Vtinam id otio fruentes et perſpicatiore praediti ingenio, et quibus in ſumma tranquillitate rerum naturam perſcrutari licuerit, aſſequantur: ut homines non omnium modo ſcientes, ſed omnium fere potentes ſiant.

Endlich iſt noch anzuführen, wie ſich Teleſius den Zuſammenhang der materiellen Theile der Körper vorſtellet. Dieſes kann nach ihm auf dreyerley Weiſe erfolgen; erſtlich durch einen Sieg von einem der beyden unkörperlichen Weſen auf die primitive Materie, nicht aber, wie Ariſtoteles lehre, durch eine gewiſſe freundſchaftliche Neigung der materiellen Theile gegen einander; denn ſo wie jede Erzeugung eines Körpers von einem gewiſſen Siege des einen unkörperlichen Weſens abhange, eben ſo müſſe auch jeder Effekt davon ſeinen Urſprung haben; zweytens kann es auch daher kommen, weil die Wärme jederzeit durch ihre eigene Thätigkeit einen jeden Körper in eine flüſſige Subſtanz zu verwandeln ſtrebet: denn Teleſius ſchreibt der Wärme nicht die Eigenſchaft der Trockenheit, ſondern vielmehr die der Feuchtigkeit zu, ſo daß die Flamme unter allen Weſen das feuchteſte iſt; daher komme es auch, daß die Hitze allemal auf das Feuchte ſehr ſtark wirke, ſelbiges ausdehne und zuletzt verjage; im Gegentheil kehre die Kälte alles in Trockenheit, und beſitze eine Thätigkeit, alles zuſammen zu ziehen, und es dauerhaft zu machen. Daher tadelt er den Ariſtoteles, daß dieſer der Wärme die Eigenſchaft der Trockenheit beylege. Daß aber bisweilen die feuchten Kör-

Körper bey der Wärme trocken werden, das geſchehe nur zufälliger Weiſe, und zwar nur bey ungleichartigen Körpern, welche theils aus zarten, theils aus groben Theilen beſtehen, indem nämlich die zarten zuerſt durch die Wärme ausgedehnt würden, wodurch die gröbern ſich noch mehr zuſammen zögen, dieſe endlich aber auch in den Zuſtand der Flüſſigkeit übergiengen, wenn eine heftigere Wärme auf ſie wirke. Ein Beyſpiel zum Beweiſe gäben die Backſteine ab, deren feinere Theile durch das Feuer zuerſt ausgedehnt und vertrieben würden, die gröbern endlich durch Fortwirkung des Feuers zuletzt in eine glasartige Materie übergiengen, welches doch ohne vorhergegangenen Fluß nicht möglich ſey. Bey der dritten möglichen Art des Zuſammenhanges der materiellen Theile macht er folgenden Unterſchied; es laſſe ſich nämlich das Zuſammenhalten der materiellen Theile theils dadurch denken, daß ſie durch irgend eine Urſache zurück getrieben würden, theils dadurch, daß ſie in ſich ſelbſt zurückkehrten. Kämen Kälte und Wärme in großer Menge gegen einander, ſo erfolge eine Zurücktreibung; wären hingegen beyde unkörperliche Weſen gegen einander in geringer Menge thätig, ſo geſchehe eine Zurückkehrung. Ein Beyſpiel dieſer Art findet in den obern Luftregionen ſtatt, die immer kälter ſind, als die untern nahe an der Erdfläche; denn jene Luftſtellen liegen der Himmelswärme näher, welche folglich mit größerer Gewalt der Kälte der Erde entgegen wirkt; dieſe zurücktreibt und ihr nicht verſtattet, noch höher in die Luft zu gehen, daher in dieſen Regionen die große Kälte. Auf eine ähnliche Art erfolgt ſo etwas nahe an der Erdfläche; hier iſt nämlich die Kälte der Erde näher, mithin ſtößt dieſe die Wärme zurück, fliehet ſie, und kehret in ſich ſelbſt wieder, daher auch hier eine größere

Wär-

Wärme. Uebrigens behauptet Teleſius ſo wie Demokrit, eine zerſtreuete Leere.

Dieß ſind die Vorſtellungen, welche ſich Teleſius von den erſten Anfängen der Dinge gemacht hat, und welche mit der Lehre des Parmenides völlig übereinſtimmen, außer daß erſterer noch eine primitive Materie hinzugeſetzt hat.

Das Urtheil, welches Bacon de Verulamio von dieſer Theorie gefällt hat, kann man in deſſen angeführter Abhandlung ſelbſt nachleſen, womit zugleich die Gedanken des Morhofs b) verbunden werden können. Man ſieht leicht, daß die ganze Theorie ſich auf die damalige Lieblingsidee gründet, alles aus der Verbindung ſehr weniger Elemente abzuleiten, ohne vorher die Natur zu fragen, ob ſie in ihren Operationen ſich auch wirklich ſo verhalte. In dieſen Fehler ſind die meiſten Neuerer der Phyſik gefallen, welches ich ein für allemal hier habe anzeigen wollen.

Ein anderer Neuerer der Phyſik iſt Franciſcus Patritius geweſen. Er war von Ciliſſe, einem Dorfe in Iſtrien, gebürtig. Erithräus in ſeiner pinacotheca etc. nennt ihn einen der gelehrteſten Italiäner. Von den Ariſtotelikern wurde er ſehr verfolgt, ſo daß er ſich zuletzt gezwungen fand, ſeine Lehre zu wiederrufen. Er ſtarb im Jahre 1597 im 67ſten Jahre ſeines Alters zu Rom, wohin ihn der Pabſt Clemens VIII. gerufen hatte. Seine hieher gehörige Schrift hat den Titel: nova de univerſis philoſophia libris quinquaginta comprehenſa; in qua Ariſtotelica methodo non per motum ſed per lucem et lumina ad primam cauſam adſcenditur. deinde

b) Polyhiſtor. T. II. lib. II. cap. 13. 6.

deinde nova quadam ac peculiari methodo tota in contemplationem venit divinitas. poſtremo methodo platonica rerum univerſitas a conditore Deo deducitur. Venet. 1593. fol. Eigentlich ſind es 69, und nicht 50 Bücher. Dieſer behauptet mit dem Teleſius die Uranfänge, Wärme und Kälte, ſetzet aber noch als umherirrende Uranfänge, das Licht, den Raum, und die Flüſſigkeit, hinzu. In Anſehung des Lichtes verbreitet er ſich ſehr weitläuftig, und glaubt, daß das Licht verbunden mit der Finſterniß, Wärme und Kälte hervorbringe. Die vier Eigenſchaften der Körper, welche Teleſius ihnen beygefügt hat, verwirft er gänzlich. Die runde Geſtalt des Himmels und der Himmelskörper, ſo wie ihre Dichtigkeit oder Lockerheit, läugnet er gegen den Ariſtoteles. Uebrigens beruft er ſich auf das Zeugniß der Alten, deren Philoſophie der ſeinigen völlig angemeſſen ſey, und hält ſie allein für die einzige und wahre.

Ferner zählet man unter die Neuerer der Phyſik den Hieronymus Cardanus. Dieſer war im Jahre 1498 zu Mayland gebohren. In ſeiner eigenen Lebensbeſchreibung behandelt er ſich ſelbſt theils als einen Verläumder, theils als einen Schmeichler. Er war ein ſehr eifriger Vertheidiger der Aſtrologie, und ſoll ſich ſeinen Tod, welcher im Jahre 1576 erfolgte, vorher geſagt haben. Cardanus hat ſehr viel geſchrieben in der Medicin, Mathematik, Theologie und Philoſophie. Die Urſache, warum er ſo viele Schriften verfertigt, iſt nach ſeinem eigenen Geſtändniſſe, um ſeinen Nahmen zu verewigen. Unter den Schriften, welche zur Phyſik gehören, iſt die vornehmſte dieſe: de rerum varietate libri XII. den. rec. Baſ. 1581. 8. Cardanus ſetzt drey Elemente,

Erde, Luft und Waſſer. Um die Erde bewegt ſich alles, und beſonders die Luft ohne Aufhören; denn ohne Bewegung würde ſie in Fäulniß übergehen. Eben ſo iſt auch das Waſſer in einer beſtändigen Bewegung. Von Natur iſt nämlich das Waſſer kalt, wird aber durch die Sonne beſtändig erwärmt, und würde daher ebenfalls zu faulen anfangen, wenn es nicht bewegt würde. Da ſich aber das Waſſer, welches ein ſchweres Element iſt, für ſich nicht um die Erde bewegen könnte, ſo bedarf es zu gewiſſen beſtimmten Stunden des Tages der Ebbe und Fluth, welche Bewegung von der Einwirkung des Himmels abhängt. Die Luft hat die ſchnellſte Bewegung, und erhält dieſe von den Sternen, die des Waſſers aber iſt geringer, und die Erde iſt ganz ohne Bewegung, ruhet folglich. Sonſt ſind alle Elemente von Natur kalt. Die Erde, als die dichteſte Materie, wird beſtändig von der Sonne erwärmet; auch die Luft ſcheint wegen der in ſelbiger ſich aufhaltenden Dünſte und wegen der vielfältigen Zurückwerfung der Sonnenſtralen, um und neben uns warm zu ſeyn, ob es ſich gleich an ſich nicht ſo verhalte; denn die Luft ſey ihrer Natur nach am kälteſten, ſo, daß ſie auf der Oberfläche des Waſſers die Bewegung deſſelben vermindere, und endlich daſſelbe ſogar zum Gefrieren bringe. Auch ſey die Luft ſchwer, ob ſie gleich von Natur die größte Leichtigkeit beſitze. Das Waſſer wird durch die Dichtigkeit der Erde und durch ihre eigene Kälte erhalten, daß es nicht in Fäulniß übergehe, und von der Sonnenhitze aufgelöſet werde; im Gegentheil erhält auch das Waſſer die Erde, damit ſich dieſe nicht in Theilen zerſtreue. Die Kälte hält er nicht für ein eigenes Weſen, ſondern behandelt ſie blos als Abweſenheit der Wärme; auch iſt die Wärme keine wirkliche Subſtanz ſondern nur eine beſon=

ſondere Eigenſchaft. Den Unterſchied der drey Elemente ſetzt er darinn, daß das Waſſer von Natur flüſſig, die Erde trocken, und die Luft das flüſſigſte Element ſey.

Unter die Neuerer der Phyſik gehört ferner der berüchtigte Aureolus Theophraſtus Paracelſus a Bombaſt in Hohenheim. Er war im Jahre 1493 zu Einſiedeln in der Schweiz gebohren, und iſt im Jahre 1541 zu Salzburg geſtorben. In der Chemie und Arzneykunſt hat er ſich ſehr berühmt gemacht, ſo daß ſelbſt van Helmont bezeugen will, er habe ſchon im 28ſten Jahre ſeines Alters den Stein der Weiſen gefunden. Er erhielt einen ſehr großen Anhang, welcher ſich nach ihm benannte, und unter dem Nahmen ſecta Paracelſiſtica bekannt iſt. Es war dieſer der erſte, welcher gegen die Ariſtoteliſche Lehre die ſo genannte phyſica hermetica, welche von dem Egyptiſchen Philoſophen Hermes Trismegiſt ihren Urſprung erhalten haben ſoll, wieder empor zu heben ſuchte. Seine Gedanken von den natürlichen Dingen findet man in verſchiedenen einzelnen Abhandlungen: de tribus ſubſtantiis primisque principiis, de natura rerum, de meteoris etc. ſo ſich in ſeinen Schriften, welche verſchiedene mal ſind aufgelegt worden, befinden. Die erſte Ausgabe derſelben war deutſch, und zu Baſel 1589. 4. in 11 Bänden gedruckt; die letzte lateiniſche Ausgabe in 3 Folianten iſt die zu Genf 1658. Er ſetzte dieſe vier Elemente, die gleichſam als Mütter zur Entſtehung der übrigen Körper von Gott erſchaffen ſind, feſt, nämlich die Erde, das Waſſer, die Luft und den Himmel. Weil die Erde zum Auffenthalte der Menſchen und zur Aufbewahrung der Metalle, Steine und anderer Produkte beſtimmt ſey, ſo müſſe auch dieſes Element von Natur

Natur compact und feſt, das andere der Erde zuge- ſellte Element, das Waſſer, weich und durchdringlich ſeyn, damit die Thiere in ſelbigem ſich frey bewegen, Salz und Steine erzeuget, und noch viele andere Na- turoperationen zu Stande gebracht werden können. Das dritte Element, die Luft, müſſe nicht feucht, wie das Waſſer, auch nicht feſt oder hart wie die Erde ſeyn; denn alle mögliche Körper, welche durch die bey- den erſten Elemente hervorgebracht würden, müßten von der Luft durchdrungen werden können. Das vier- te Element endlich, der Himmel, ſey weder hart, wie die Erde, noch feucht, wie das Waſſer, noch durch- ſichtig, wie die Luft, ſondern mache vielmehr einen Körper von eigener Beſchaffenheit aus, und unter- ſcheide ſich von den übrigen Elementen weſentlich. Ob nun gleich Gott dieſe Elemente aus Nichts geſchaffen hätte, ſo müſſe doch Etwas vorhanden geweſen ſeyn, welches den vier Elementen als primitive Materie zum Grunde gelegen habe. Daher iſt Paracelſus der Meynung, daß ein jedes Element in drey Beſtand- theile zerlegt werden könnte, welche eben die primitive Materie ausmachten; anders ſey aber die primitive Materie der Erde, anders die des Waſſers, anders die der Luft und anders die des Himmels. Dieſe drey Beſtandtheile ſind der Schwefel (balſamus), das Salz und der Mercurius (liquor). Aus dieſen ent- ſtehen nämlich nicht allein die Elemente, ſondern auch alles, was aus leztern erzeugt wird. So iſt das Waſſer aus den drey Beſtandtheilen, Schwefel, Salz und Merkurius, auch dasjenige, was vom Waſſer ſeinen Urſprung hat, als Metalle, Steine u. ſ. f. daraus zuſammengeſezt. Was endlich die Erzeu- gung aller natürlichen Dinge betrift, ſo iſt dieſe nach Paracelſus Meynung gedoppelt, einmal verrichtet

ſie

ſie die Natur ohne Kunſt, das andere mal aber geſchiehet ſie durch die Kunſt mit Hülfe der Chemie. Im allgemeinen könne man aber doch behaupten, daß alles in der Natur aus der Erde mittelſt der Fäulniß erzeuget werde; denn dieſe ſey der letzte Grad und zugleich der Anfang zur Hervorbringung; ſie verwandele alle Dinge aus einer Form in die andere, aus einer Eigenſchaft in die andere, aus einer wirkenden Kraft in die andere u. ſ. f.

Unter den vielen Anhängern des Paracelſus führe ich nur noch die beyden vornehmſten an, den Oswald Crollius und den Henricus Nollius, welche beyde die Principen des Paracelſus in eine wiſſenſchaftliche Form zu bringen geſucht haben. Die Schrift des erſtern führt den Titel: Baſilica chymica. Francof. 4. und die des andern: phyſica hermetica. Francof. 1619. 8.

Ein anderer Neuerer der Phyſik, Nicolaus Copernicus, beſtritt blos die von den Scholaſtikern behauptete Ptolemäiſche Weltordnung. Sein vorgetragenes Syſtem gehört zwar mehr zur Mathematik; allein da es doch hierbey mit auf die Bewegung und derſelben merkwürdigen Geſetze der Himmelskörper ankommt, welches ein vorzüglicher Gegenſtand der Phyſik iſt, ſo muß ich hier nothwendig das Wichtigſte dieſes Syſtems anführen, zumal da es nach den Zeiten des Copernicus ſo ungemein viel zur Entdeckung in der allgemeinen Phyſik beygetragen hat, wie bald mit mehreren erhellen wird. Copernicus war im Jahre 1473 zu Thorn gebohren. Nachdem er in Italien eine Zeitlang die damaligen Wiſſenſchaften ſtudirt hatte, ſo begab er ſich nach Frauenberg, wo er in daſigem Stifte Canonicus wurde, und daſelbſt im Jahre

1543 an ſeinem Geburtstage geſtorben iſt. Noch kurz vor ſeinem Tode hat er ſeine bekannte Schriſt: aſtronomia inſtaurata libris VI. comprehenſa, qui de revolutionibus orbium coeleſtium inſcribuntur, die cum notis *Nicol. Mulerii.* Amſt. 1617. 4. wieder edirt iſt, der gelehrten Welt übergeben. Seine ganze Theorie beruhet auf dieſer Hypotheſe, daß ſich die Erde mit den übrigen Planeten um die Sonne bewege; dagegen die Ariſtoteliker gerade das Gegentheil behaupteten. Ihre Gründe für dieſe Meynung ſind folgende: die Erde ſey das ſchwerſte unter allen Elementen; daher werde auch alles übrige ſchwere gegen die Erde getrieben, ſo daß es ein Beſtreben habe, nach derſelben Mittelpunkte zu gehen. Denn bey angenommener Vorausſetzung, daß die Erde rund ſey, gegen die alle ſchwere Körper von allen Seiten her in Richtungen, welche auf der Oberfläche derſelben ſenkrecht wären, von ſelbſt hingetrieben würden, müßten ſie nach ihrem Mittelpunkte gehen, woſern ſie nicht auf der Oberfläche zurückgehalten würden. Da nun ſolche Richtungen auf der Oberfläche einer Sphäre jederzeit nach derſelben Mittelpunkt gehen, ſo folge auch, daß alles das, was ſich in die Mitte begebe, auch in der Mitte ruhe. Es müſſe daher die Erde um ſo mehr in der Mitte ruhen, ſo wie alles, was ſie durchs Herabfallen aufnehme, durch ſein eigenes Gewicht unbeweglich bleiben werde. Auch dieß beweiſe die Natur der Bewegung. Denn nach der Meynung des Ariſtoteles entſtehe eine einfache Bewegung durch einen einzelnen Körper; die einfache Bewegung ſey aber theils geradlinicht, theils kreisförmig, und die geradlinichte wieder aufwärts oder herunterwärts. Daher ſey alle einfache Bewegung entweder nach der Mitte d. i. herunterwärts, oder von der Mitte ab d. i. aufwärts,

wärts, oder um die Mitte d. i. kreisförmig. Nun ſey es aber der Erde und dem Waſſer, als ſchwere Elemente, eigen, ſich hinabwärts zu bewegen d. h. die Mitte zu ſuchen; das Feuer und die Luft hingegen, als leichte Elemente, beſäßen ein Beſtreben, ſich aufwärts d. i. von der Mitte ab zu bewegen. Daher ſcheine es der Natur der Sache gemäß zu ſeyn, daß dieſe vier Elemente ſich blos in geraden Linien bewegten, die Himmelskörper aber um die Mitte des Weltraums ſich wälzten. Nun ſagt Ptolemäus, wenn ſich die Erde wirklich bewegte, oder doch wenigſtens um die Axe täglich ſich wälzte, ſo müſſe daraus von dem Geſagten gerade das Gegentheil erfolgen. Eine ſolche Bewegung würde über alle Maaſſen geſchwind ſeyn, und müſſe ſchon bewirkt haben, daß die Erde völlig zerſtreuet wäre und ſelbſt den Himmel zerſtört hätte. Ueberdem könnten die ſenkrecht in die Höhe geworfenen Körper nicht wieder an demſelben Ort beym Herabfallen zurückkommen, indem binnen dieſer Zeit die Erde ſich um ihre Axe fortbewege. Auch würden wir die Wolken und überhaupt alle in der Luft ſchwebenden Dinge nie anders als gegen Abend ſehen. Copernicus beantwortet dieſe Gründe auf folgende Art: er behauptet nämlich, daß die geradlinichte Bewegung der Himmelskörper nicht abſolut natürlich ſey, ſondern dieß komme vielmehr der kreisförmigen Bewegung zu. Wenn alſo jemand glaube, daß ſich die Erde um ihre Axe wälze, ſo eigne er ihr eine natürliche, nicht gewaltſame Bewegung zu. Dasjenige aber, was wider ſeine Natur mit aller Gewalt bewirkt werde, könne nicht lange beſtehen, da hingegen das, was in natürlicher Ordnung erfolge, beſtändig unverletzt ſich erhalte. Es befürchte daher Ptolemäus vergebens, daß ſich die Erde zerſtreue; mit mehrerem Rechte

könne man dieß vielmehr vom Himmel vermuthen, welcher eine deſto größere Bewegung beſitzen müſſe, je größer er in Vergleichung mit der Erde ſey. Dabey wirft er aber die Frage auf, ſollte vielleicht der unmeßbare Himmel, welcher auf dieſe Art durch die unvergleichbar große Geſchwindigkeit von der Mitte entfernt würde, ſonſt vernichtet werden, wenn er gleich zuſammenhängend bliebe? Hätte aber dieſes ſtatt, ſo müßte nothwendig der Himmelsraum ins Unendliche übergehen; denn je weiter er ſich von der Mitte entferne; deſto größer werde ſeine Geſchwindigkeit wegen des ſtets wachſenden Umfanges, durch welchen nothwendig die Bewegung binnen 24 Stunden erfolgen müſſe; auch würde hinwiederum mit der wachſenden Bewegung der unermeßliche Himmelsraum wachſen. Allein es ſey ein phyſiſcher Grundſatz, was Unendlich ſey, könne auf keine Weiſe beweget werden; daher müſſe nothwendig der Himmel ohne Bewegung ſeyn. Daß man glaube, der Himmel bewege ſich, ſey nur Schein. Führen wir z. B. aus einem Hafen aus, ſo entfernten ſich das feſte Land und die Städte von uns, und es ſcheine ſich überhaupt alles das, was auſſer dem Schiffe wäre, zu bewegen, indem wir unſere eigene Bewegung auf dem Schiffe nicht bemerkten. Gerade ſo könne ſich die Erde bewegen, und der Himmel ruhen, und jene uns ruhend, dieſer aber als bewegend erſcheinen. Was die Wolken und überhaupt alles das in der Luft Schwebende betreffe, ſo würden dieſe Dinge mit der Erde zugleich bewegt. Denn ſo wie das Waſſer eine gleichmäßige Bewegung mit der Erde beſitze, eben ſo bewege ſich auch ein großer Theil der mit der Erde verbundenen Luft. Es werde nämlich durch die beſtändige Umwälzung der Erde der Luft eine Bewegung mitgetheilt, welche nahe an der Erdfläche

fläche mit der der Erde ſelbſt gleich ſey, obgleich die Luft in der höchſten Region ganz unbeweglich ſeyn könne. Es ſcheine uns daher die Luft nahe an der Erdfläche ruhig, woſern ſie nicht etwa vom Winde oder einer andern Urſache in Bewegung verſetzt werde. Was die herabfallenden und in die Höhe ſteigenden Körper betreffe, ſo müſſe man dieſen eine zuſammengeſetzte Bewegung aus einer geradlinichten und krummlinichten zuſchreiben. Uebrigens müßten ohne Zweifel alle ſchwere Körper, da ſie meiſtens erdigte Beſtandtheile hätten, als Theile vom Ganzen die nämliche Natur behalten, welche das Ganze ſelbſt hat. Auf eben dieſe Art verhalte es ſich auch mit denjenigen Körpern, welche durch die Gewalt des Feuers in die Höhe getrieben würden; denn die gewöhnliche Feuerflamme werde durch erdigte Materien ernährt, und die Flamme werde auch gewöhnlich als ein brennender Rauch erklärt. Auch beſtehe die Eigenſchaft des Feuers darinn, alles, worauf ſie wirke, mit der größten Gewalt auszudehnen, und mit ſich fortzureiſſen, ſo daß ſie durch nichts zurückgehalten werden könne. Die ausdehnende Bewegung ſey aber vom Mittelpunkte abwärts, daher würden alle erdigte Theile, welche das Feuer verzehre, von der Mitte weggetrieben. Es ſey daher die Bewegung eines einfachen Körpers wirklich einfach, beſonders bey der kreisförmigen Bewegung, ſo lange nämlich der Körper in ſeiner natürlichen Stelle verbleibe. Denn an ein und eben dem Orte ſey keine andere Bewegung, als eine kreisförmige, möglich, welche den Körper nicht aus ſeiner Stelle treibe, der alſo zu ruhen ſcheine. Die geradlinichte Bewegung käme nur denjenigen Körpern zu, welche aus ihrem natürlichen Orte vetrieben würden. Es ſey aber der Anordnung und überhaupt dem Bau des ganzen Weltgebäu-

gebäudes ganz entgegen, nicht am gehörigen Orte zu ſeyn. Es erfolge daher keine geradlinichte Bewegung, als nur in dem Falle, wenn etwas nicht in gehöriger Ordnung ſich befindet, oder ſeiner Natur nach unvollkommen iſt, und daher das Ganze verläßt. Ueberdieß ſey auch die Bewegung derjenigen Dinge, welche ſich auf- oder abwärts bewegen, keine einfache gleichförmige und gleiche Bewegung. Denn alle Körper, welche herabfielen, bewegten ſich anfänglich langſam, ihre Geſchwindigkeit nehme aber beym Herabfallen beſtändig zu. Im Gegentheil bewegten ſich die durch die Gewalt des Feuers in die Höhe getriebenen erdigten Theile immer langſamer, zum Beweiſe, wie viel die erdigten Theile vermögen. Die kreisförmige Bewegung aber bleibe ſich immer gleich. Ueberhaupt finde die kreisförmige Bewegung im Großen bey den Himmelskörpern, die geradlinichte aber auch bey ihren Theilen ſtatt, und man könne die geradlinichte Bewegung gleichſam als eine Abart von der kreisförmigen anſehen. Endlich ſey es bekannt, daß die Cometen der Erde ſich bald näherten, bald davon entfernten; es ſey alſo hier wirklich eine Bewegung eines einzigen Körpers um eine Mitte, wo ſich unſere Erde befinden ſoll, aber auch zugleich von dieſer Mitte und nach derſelben.

Man ſieht wol, daß dieſe vom Copernicus angeführten Gründe gegen das Ptolemäiſche Syſtem ſehr ſinnreich, aber doch nicht hinreichend ſind, die Meynung des Ptolemäus gänzlich zu widerlegen. Daher auch ſein vorgetragenes Syſtem ſelbſt bey denen, die ſich nicht mehr ſo ſehr unter das ſcholaſtiſche Joch begaben, keinen Eingang fand. Nach dieſer Zeit ſind freylich wichtigere Gründe aufgefunden worden, welche

che Copernicus nicht wiſſen konnte, und welche dem copernicaniſchen Syſteme vor dem Ptolemäiſchen ein größeres Uebergewicht geben, wovon in der Folge. Die Scholaſtiker insbeſondere, welche aus Vorliebe gegen die Ptolemäiſche Weltordnung das copernicaniſche Syſtem keiner Prüfung würdig hielten, verwarfen dieß gerade zu, und brachten es ſogar ſo weit, daß die copernicaniſchen Hypotheſen, als ketzeriſche Lehren, im Jahre 1616 zu Rom öffentlich verdammt wurden. Unter den vernünftigern Anhängern des Ptolemäus war vorzüglich der berühmte Tycho de Brahe, von Geburt ein Däne, von deſſen Leben man in einer neuern Schrift c) die nöthigſten Nachrichten findet. Seine auſſerordentlich vielen, mühſamen und genauen aſtronomiſchen Beobachtungen, die er noch ohne Vergrößerungen anſtellen mußte, gaben dem berühmten deutſchen Aſtronomen, Kepler, die Veranlaſſung zur Erfindung ſeiner Regeln, welche nachher durch Newton's Syſtem ſo vortreflich ſind beſtätigt worden. Seine gegen das copernicaniſche Syſtem gemachten Einwürfe beweiſen, daß er ein ſehr ſcharfſinniger Kopf geweſen iſt. Er räumte zwar dem Copernicus vieles ein, behielt aber doch die alte Meynung bey, daß ſich die Sonne um die Erde bewege. Sein Syſtem weicht daher in vielen Stücken von dem Ptolemäiſchen Syſteme ab, und iſt als ein eigenes von ihm ausgedachtes anzuſehen. Nach ſeiner Meynung iſt die Erde im Mittelpunkte des Fixſternhimmels, um welche ſich zunächſt der Mond bewegt, in einer größern Entfernung folgt die Sonne, und um dieſe bewegen ſich in immer größern Kreiſen die Planeten. Auf dieſe Art lieſe die Sonne von ihren fünf Planeten begleitet täglich

c) Tycho de Brahe. Hof 1798. 8.

lich einmal um die Erde, und die Planeten um die Sonne. Auſſerdem beſchreibt die Sonne jährlich nach Süden und Norden Schraubengänge, deren Grenzen die Wendecirkel ſind, und verurſacht dadurch die verſchiedenen Jahrszeiten [d]). Seine gegen das copernicaniſche Syſtem gemachten Einwürfe ſind kurz dieſe: 1. kommt es ihm unbegreiflich vor, daß eine Kugel von der Höhe eines Thurmes fallen gelaſſen genau und ſenkrecht am Fuße deſſelben niederfalle, da doch, wenn die Erde ſich um ihre Axe drehete, der Thurm ſeit der Zeit des Herabfallens der Kugel nach Oſten gerückt wäre, und dieſelbe folglich in einer Entfernung vom Thurme die Erde erreichen müßte. — Dieſer Mann dachte freylich nicht daran, daß der Kugel eine gleichmäßige Bewegung mit der Erde mitgetheilet war, und daß ſie daher nothwendig am Fuße niederfallen muß. — 2. Ferner iſt es ihm unbegreiflich, daß ſich die Erde täglich einmal umwälzen könne, indem wir dadurch nothwendig den Kopf nach 12 Stunden zu unterſt müßten gekehrt haben. — Tycho hatte noch keinen richtigen Begriff von der Schwere. — 3. Auch meint Tycho, die Erde ſey ein grober, ſchwerer und zur Bewegung ſehr ungeſchickter Körper, daher komme es ihm ganz unmöglich vor, dieſelbe für einen Stern zu halten, und ihn in den Lüften herumzuführen, wie Copernicus behaupte. — Tycho'n waren die Kräfte der Anziehungen der Himmelskörper gegen einander unbekannt. — 4. Konnte Tycho die Möglichkeit nicht einſehen, wie ſich bey der Vorausſetzung eines jährlichen Umlaufs der Erde um die Sonne keine, wenigſtens keine merkliche Parallaxe oder Verrückung

d) De mundi aetherei recentioribus phaenomenis liber ſecundus. Vranib. 1588. 4. und nachher Pragae 1603.

rückung der ſcheinbaren Lage der Fixſterne gegen einander zeige, da doch die Erde ihren Ort mittlerweile um eine ſehr anſehnliche Weite im Weltraume verändere. Daher mußte er ſich die Fixſterne in Entfernungen von der Erde und Räume zwiſchen ihnen und dem Saturn gedenken, welche nach den Kenntniſſen damaliger Zeit unerhört waren, in den neuern Zeiten aber immer mehr ſind beſtätigt worden. 5. Gegen die beſtändig gleiche oder parallele Lage der Erdaxe nach einer Himmelsgegend wendet Tycho ein, ob unſere Erde auf einmal zwey verſchiedene Bewegungen haben könne, die eine, nach welcher ihr Mittelpunkt fortgeführet, und die andere, nach welcher ihre Axe beſtändig in einer Richtung erhalten wird. 6. Auch glaubte Tycho darinn einen Einwurf gegen die jährliche Bewegung der Erde zu finden, daß die Cometen in ihrem ſcheinbaren Laufe viel unordentlicher erſcheinen müßten, als er beobachtet, wenn dieſe ſtatt hätte. In einer andern Schrift [c]) geſteht er, daß ſich der Planetenlauf aus der bloßen Bewegung der Erde leichter und kürzer, als aus den Epicykeln des Ptolemäus, erklären laſſe, daß Copernicus viele Thorheiten und widerſprechende Sätze der Alten verbeſſert habe, und daß ſein Syſtem weit genauer mit dem Himmel übereinſtimme. Er fügt nur noch hinzu, daß das Zeugniß der heiligen Schrift ein unüberwindliches Hinderniß gegen dieſe Weltordnung ſey. Tycho's Syſtem wurde mit ſehr großem Beyfall aufgenommen, und bewirkte wenigſtens ſo viel, daß die alte Weltordnung gänzlich verdrängt wurde. Seit dieſer Zeit theilten ſich die Aſtronomen nur

a) Aſtronomiae inſtauratae progymnaſmata. Vranib. et Prag. 1602. 4.

nur in Copernicaner und Tychoniker. Die nachmaligen Entdeckungen, wovon die wichtigſten in der Folge werden angeführt werden, ſtimmten endlich mit der Copernicaniſchen Ordnung ſo zuſammen, daß ſie faſt zu einer mathematiſchen Wahrheit erhoben worden iſt.

Noch ein anderer Neuerer der Phyſik, Jordan Brunus, gebürtig von Nole im Königreiche Neapolis, iſt beſonders merkwürdig. Er wurde ſo ſehr verfolgt, daß er ſich eine Zeitlang auf Reiſen begeben mußte. Nach ſeiner Zurückkunſt in Italien aber brachten es ſeine Verfolger endlich ſo weit, daß er als ein Gottesverläugner im Jahre 1600 verbrannt wurde. Seine Principien, welche er theils in Verſen, theils in Proſa abgefaßt hat, finden ſich in der ſeltenen Schriſt: de innumerabilibus, immenſo et infigurabili, ſeu de univerſo et mundis libri octo, ad principem *Henricum Julium*, Brunſuicenſem et Luneburgenſem ducem etc. Francof. 1591. 8. Dieſer ſeiner Schriſt zu Folge behauptete er ein unendliches Weltall und unzählige Welten. Alle Sterne ſind entweder Sonnen oder Erden; die Fixſterne nämlich rechnet er zu den Sonnen, welche ihr eigenes Licht ausbreiten, die übrigen Sterne aber, welche ihr Licht anders woher erhalten, zu den Erden, es mögen dieſe entweder von uns geſehen werden können oder nicht. Eine jede Sonne beſitze ihre eigenen Erden als Begleiter, und daraus entſtehen einzelne Sonnenſyſteme. Es iſt daher die Anzahl dieſer Syſteme unendlich. Die Erden ſind dem Monde ähnliche Körper, und werden aus ihren verſchiedenen Lichtgeſtalten erkannt. Eine jede Sonne iſt mit einem ſehr großen ätheriſchen Raume umgeben, worinn ſich die Erden um die Sonne wälzen. Auf ſolche Art bewegt ſich in unſerm Son-

nen-

nenſyſteme unſere Erde und die übrigen Planeten um die Sonne in dem ätheriſchen Raume derſelben. Er lobt dieſerwegen den Copernicus, daß er mit ihm in Anſehung des Umlaufs der Erde und der übrigen Planeten um die Sonne einerley Meynung habe. Auch ſind nach ihm die Cometen den Planeten ähnliche Körper. Uebrigens nimmt er, wie die Alten ſchon thaten, eine Weltſeele an, welche alles in Thätigkeit verſetze, und der Grund von der runden Geſtalt der Himmelskörper und derſelben Bewegung iſt. So ſagt er: ſphaerae per aetheream regionem ab anima propria moventur facillimo appulſu, tum quia corpus animae obſequentiſſimum eſt, tum quia ex parte ſpatii nullum eſt reſiſtens, nullum impedimentum; principium illius motus eſt ſenſus, et ſecundum genus cognitio, et appetitus, qui cognitionem ſecundum genus conſequitur; finis eſt conſervatio ſui, motos eſt anima, in qua movens et motum idem ſubjecto eſt atque ſimplex, ſicut in primo calido (ut dicimus igne) calefaciens et calidum eſt idem ſubjecto et natura unum, ita in ordine eorum quae moventur oportet eſſe primum, quod per ſe motum alia movet h. e. anima, cui non una motus differentia convenit, ut ſurſum vel deorſum; vel ad dexteram vel ad ſiniſtram, vel tandem in rectum tantum, vel in circulum, ſed quemadmodum omnimodo juxta omnes locales differentias et lineales, moveri dat corpori et in ſe omnium horum motuum principia habet.

Eine geringe Vergleichung der vom Brunus vorgetragenen Principien mit denen des Carteſius ergiebt hinlänglich, daß beyde ſehr mit einander über-

übereinſtimmen. Daher vermuthen einige f), Carteſius habe die Schrift des Brunus bey der Bearbeitung ſeines Syſtems vorzüglich benutzt, ob er gleich dieſelbe nicht erwähnt habe; wie denn überhaupt Carteſius die Quellen, aus welchen er ſchöpfte, mit Fleiß nicht angegeben hat. Ja man behauptet ſogar, Brunus habe durch die Annahme des ätheriſchen Raumes um einen jeden Fixſtern, ſchon an die hernach ſo berühmt gewordenen Wirbel gedacht, und ſey alſo gleichſam der Vorläufer der Carteſiſchen Wirbel geweſen.

Noch ein anderer ſehr eifriger Gegner der ariſtoteliſchen Philoſophie war Thomas Campanella aus Calabrien gebürtig. Er hatte das Unglück beſonders wegen des Stolzes über ſeine Schriften ſo verfolget zu werden, daß er 20 Jahre zu Neapel hat gefangen ſitzen müſſen. Im 70ſten Jahre ſeines Alters iſt er zu Paris 1639 geſtorben. Sein Leben hat Cyprian g) beſchrieben. Die hieher gehörige Schrift führt den Titel: de ſenſu rerum et magia. Francof. 1620. 4. Allen Dingen in der Welt eignet er eine Empfindung zu. Denn ſeiner Meynung nach muß man eben das in den Urſachen ſuchen, was man in den Wirkungen wahrnimmt. So könne Licht nie Finſterniß, Wärme nie Kälte u. ſ. f. erzeugen. Es müſſe alſo im Lichte, ſo wie in der Wärme etwas ſeyn, das in uns die Empfindung des Sehens und des warmen Gefühls hervorbrächte. Da nun alle Thiere eine Empfindung

f) M. ſ. Leipziger Tagebuch von 1682. S. 187. *Petr. Dan. Huetii* cenſura philoſophiae Carteſianae. Franc. et Lipſ. 1690. 8. cap. VIII. p. 164.

g) Vita et philoſophia *Thomae Campanellae* autore *Salam. Cypriano*. Amſt. 1705. 8.

pfindung beſäßen, die Empfindung aber ihren Urſprung aus etwas habe, ſo müſſe nothwendig den Elementen ebenfalls eine Empfindung zukommen. Den Ausdruck Empfindung nimmt er aber in einem ſo weitläuftigen Verſtande, daß er auch eine jede Thätigkeit eines wirklich vorhandenen Körpers darunter begreift. Es entſtehet daher alle Bewegung vermöge der Empfindung. Ein Beyſpiel von der ſonderbaren Schließart des Campanella iſt dieß: er ſagt, man müſſe der Luft dieſerwegen keine Bewegung abläugnen, weil ſie keine Füße habe, und dem Feuer keine verzehrende Eigenſchaft, weil es keine Zähne beſitze. Uebrigens behauptet er die beyden Uranfänge, den Ort und die Materie, und Hitze und Kälte ſind nach ihm, wie auch Teleſius behauptet, die thätigen Elemente. Der Aſtrologie war er über die Maaſſen zugethan, die er auch mit einigen neuen Grundſätzen bereichert hat.

Aus den Meynungen, welche die bisher angeführten Neuerer der Phyſik über die Entſtehung wirklicher Naturdinge hatten, ſieht man ohne Umſchweife ein, daß ſie ihre Unterſuchungen größtentheils auf Gegenſtände einſchränkten, die nicht ſo wol in die eigentliche Phyſik, als vielmehr in die ſpeculative Philoſophie gehörten. Sie ſetzten Grundſätze feſt, und ſuchten die Phänomene der Natur aus dieſen abzuleiten und zu erklären, ohne darauf zu denken, ob ſich auch wirklich die beſtändig thätige Natur ſo verhalte. Und daraus mußte nothwendig eine ſo große Verſchiedenheit der Meynungen unter den verſchiedenen Naturphiloſophen entſtehen. Man darf ſich aber nicht wundern, daß man zu den damaligen Zeiten dieſen irrigen Weg, über die Entſtehung der Naturdinge zu philoſophiren, einſchlug, da es ſelbſt nach der Zeit, da man ſicherere

Fort=

Fortſchritte in der Phyſik machte, Männer gegeben hat und vielleicht in unſern Zeiten noch giebt, welche alles in der Natur aus bloßen philoſophiſchen d. i. möglichen Grundſätzen abgeleitet haben und noch ableiten wollen. Indeſſen ſcheint es ſeine Richtigkeit zu haben, daß der ächten Phyſik ein Theil, welcher ganz philoſophiſch iſt, zum Grunde liegen müſſe, indem alle möglichen Naturbegebenheiten ſich zuletzt, um ſie richtig einzuſehen, in Kräfte auflöſen laſſen, ohne welche gar keine thätige Natur ſeyn kann. Allein alles übrige, was in der Natur geſchiehet, ſelbſt die Geſetze der Kräfte natürlicher Dinge müſſen ganz aus Erfahrungen abgeleitet werden. Wenn auch die erhabenſte Mathematik die unbezweifeltſten Geſetze jedermann vor Augen legte, ſo würden ſie doch nur in der Möglichkeit, nicht aber in der Wirklichkeit richtig ſeyn, wenn bey der Anwendung der Mathematik kein Erfahrungsſatz zum Grunde lieget. Beyſpiele hiervon wird die folgende Erzählung der Geſchichte liefern. Dieß ſahe auch ſchon der ſcharfſinnige Engländer Lord Bacon von Verulamio, als ein anderer Neuerer der Phyſik ſehr richtig ein. Es war dieſer Bacon am 22. Jan. 1560 zu London gebohren, und ward 1618 Großkanzler. Im Jahre 1621 aber ward er abgeſetzt, weil man ihm beſchuldigte, er habe die Gerechtigkeit um Geld verkauft, welches er auch nicht ganz abläugnete. Sein Leben findet man beſchrieben vor ſeinen geſammten Werken, welche zu Frankfurth 1665. fol. herausgekommen ſind. Auch handelt von ihm ſehr umſtändlich *Chaufepie* h). Dieſer in aller Rückſicht große Mann giebt in der Schrift: inſtaura-

h) Nouveau dictionaire hiſtorique et critique, ſous art. *Bacon* (François).

tio magna ſ. de augmentis ſcientiarum, Vorſchläge über die Verbeſſerungen aller Wiſſenſchaften, und beſonders über die Naturlehre, welche man in dem 5ten Buche dieſer Schrift findet. Sein Rath iſt nämlich dieſer, man ſolle die bisherigen Speculationen verlaſſen, und blos aus Erfahrungen ſchöpfen. Die Gegenſtände, welche beſonders in der Phyſik nach ſeiner Einſicht zu bearbeiten wären, werden in der Schrift, de interpretatione naturae, aufgezählt. Endlich giebt ſeine hiſtoria naturalii et experimentalis de ventis ein Beyſpiel ſeiner Methode ab. Das wichtigſte, was Bacon in ſeinen phyſiſchen Schriften geſagt hat, ſoll an dem gehörigen Orten beygebracht werden. Es war freylich zu bedauern, daß man von den Vorſchlägen des Lords anfänglich nicht allgemeinen Gebrauch machte; das Anſehen des Ariſtoteles war nämlich noch zu groß, und die Erklärungsſucht ſo ſehr eingewurzelt, daß man alles für thöricht hielt, was der Ariſtoteliſchen Lehre nur im geringſten entgegen war. Indeſſen fanden ſich doch einige, welche auf Bacon's vorgeſchlagenem Wege wichtige Entdeckungen machten, und es gewann daher die Phyſik unter deren Händen eine ganz andere Geſtalt, obgleich der größte Hauſe der Philoſophen den Gedanken noch nicht aufgab, alles aus angenommenen Grundſätzen philoſophiſch zu erklären.

Zwey=

Zweytes Kapitel.

Von den Meynungen und Entdeckungen ſeit den Zeiten des Bacon von Verulamio.

Allgemeine Eigenſchaften der Körper.

Bacon von Verulamio nimmt, wie die alten Philoſophen, eine primitive Materie an, welche Thätigkeit und Form beſitzt, theilbar iſt, und den Grund der Bewegung in ſich hat. Ob aber dieſe Materie vermöge einer ihr weſentlich zukommenden Kraft ſich ſelbſt in die beſte Ordnung, welche wir am Weltbau wahrnehmen, verſetzt habe und darinn erhalte, dieß könne vielleicht gar keiner Unterſuchung unterworfen werden. Aus unſerer Glaubenslehre wüßten wir über dieſen Gegenſtand nur folgende drey Stücke: 1. daß die Materie aus Nichts geſchaffen ſey, 2. daß die Welt durch das Wort des Allmächtigen da geſtanden, keineswegs aber die Materie ſich von ſelbſt aus dem Chaos in dieſe Ordnung verſetzt habe, und 3. daß dieſe Weltordnung die beſte ſey. Uebrigens glaubt er, daß alle Materie bey aller Veränderung, die ſie erleidet, beſtändig in Anſehung der Summe dieſelbe bleibe, und nie untergehe. Endlich tadelt er mit Recht die alten Philoſophen, welche behauptet haben, daß die primitive Materie bald das Waſſer, bald das Feuer, bald die Luft u. ſ. f. geweſen ſey, indem wir davon eigentlich gar nichts wüßten.

Den Körpern eignet er Geiſter (ſpiritus) zu, welche die Theile derſelben beunruhigen oder gleichſam krän=

kränken, und zu vernichten ſtreben. Unter den Geiſtern verſteht er aber nicht etwa unkörperliche Weſen, ſondern wirklich reelle und ſehr verdünnte Subſtanzen, welche im gewöhnlichen und natürlichen Zuſtande der Körper von den Theilen derſelben zurückgehalten würden. Sobald ſie aber in Bewegung kämen, und die Theile überwältigten, ſo giengen dieſe Körper in andere Zuſtände über, und würden zuletzt, wenn die Geiſter ganz entflohen wären, in ihre heterogenen Theile, die er Elemente nennt, zerlegt. — Allem Vermuthen nach iſt Bacon auf dieſen Gedanken, den Körpern Geiſter beyzulegen, durch die verſchiedenen Arten von Gährungen und Dampfoperationen gekommen, denn er erläutert die Wirkungen der Geiſter beſonders durch dieſe Operationen. So ſagt er z. B. von den Metallen und Steinen, daß die Theile derſelben die Geiſter hartnäckig zurückhielten, und erſt dieſelben durch Einwirkung des Feuers fahren ließen. Jedoch finde auch hierbey ein großer Unterſchied ſtatt; die verſchiedenen Metalle oder Steine brauchten nämlich auch verſchiedene Grade des Feuers, ehe ſich die Geiſter entfernten. Bacon kannte freylich damals die Stoffe noch nicht, die bey Gährungen ſich entwickeln, ſo wie er auch noch keinen richtigen Begriff von Dämpfen hatte. So behauptete er z. B. daß ſich das Waſſer durch Einwirkung der Wärme in Luft verwandeln laſſe. — Uebrigens ſchreibt er doch den Geiſtern alle Wirkungen in der Natur zu.

In Anſehung der übrigen Eigenſchaften der Materie überhaupt pflichtet er dem Demokrit bey; die Materie iſt nämlich abſolut undurchdringlich, läßt ſich nur bis zu den Atomen theilen, und beſitzt eine zerſtreuete Leere. Uebrigens unterſcheidet doch Bacon die Ato-

men genau von den Elementen; jene ſind nach ihm die kleinſten ganz unſichtbaren Theile, in welche ſich ein jeder Körper zertheilen läßt; dieſe aber ſind die heterogenen Stoffe, in welche jeder Körper durch Entfliehung der Geiſter zerlegt werden kann, oder aus welchen der Körper zuſammengeſetzt iſt.

Alle übrige phyſikaliſchen Schriftſteller bis zu den Zeiten des Carteſius nehmen untheilbare Atome und eine zerſtreuete Leere der Materie an, ob ſie gleich den Körpern ſelbſt keine Geiſter, wie Bacon, zuſchreiben.

Schwere, Gravitation und Fall der Körper.

Daß die Körper von der Höhe, über der Erdfläche ſich ganz überlaſſen, herabfallen, andere aber unter gewiſſen Umſtänden aufwärts ſteigen, war ein allgemein anerkanntes Phänomen; daher theilte man die Körper in ſchwere und leichte Körper ein, jene mit einem Triebe nach dem Mittelpunkt zu gehen, und dieſe mit einem Triebe denſelben zu fliehen begabt. Dieſe vom Ariſtoteles herrührende Erklärung nahmen die Scholaſtiker als wirkliche Erklärung der Schwere an, und rechneten daher Schwere und Leichtigkeit der Körper zu den verborgenen Qualitäten. Es ſieht ein jeder ſchon ſehr leicht ein, daß die Eintheilung des Ariſtoteles nur als Erſcheinung betrachtet völlig irrig iſt, indem man keinesweges behaupten kann, daß die ſchweren Körper ein Beſtreben hätten nach dem Mittelpunkte hinzugehen, und die leichten ein Beſtreben, denſelben zu fliehen. Ueberdem brachte man noch mehr Verwirrung in den Begriff der Schwere dadurch, daß man ſie mit dem Gewichte für einerley hielt. So glaubte man allgemein, daß beym freyen Falle der Körper, der durch die Schwere bewirkt wird, die Geſchwin-

ſchwindigkeit ſich wie das Gewicht oder Schwere der Körper verhalte, ſo daß der ſiebenmal ſchwerere Körper auch ſiebenmal ſchneller falle, als der leichtere. Ohne Zweifel liegt dieſer Irrthum darinn, daß man Gewicht und Schwere als gleichbedeutend betrachtete, und dabey den metaphyſiſchen Grundſatz, daß ſich die Wirkung wie die Urſache verhalte, falſch anwendete. Man dachte nicht daran, daß ein ſiebenmal größeres Gewicht die Bewegung, die es erzeugt, auch einer ſiebenmal größern Maſſe mitzutheilen hat, und daß bey dieſer Vertheilung auf einen jeden Theil der Maſſe keine größere Geſchwindigkeit kommt, als er durch ſein Gewicht allein ohne Verbindung mit den übrigen ebenfalls würde erhalten haben.

Es hatte ſich zwar ſchon Copernicus [i]) eine richtigere Vorſtellung von der Schwere gemacht, indem er darunter ein Beſtreben der Körper nach Vereinigung verſteht: equidem exiſtimo, ſagt er, gravitatem non aliud eſſe, quam appetentiam quandam naturalem partibus inditam a divina providentia opificis univerſorum, ut in unitatem integritatemque ſuam ſeſe conferant in formam globi coëuntes; quam affectionem credibile eſt etiam ſoli, lunae, ceteriſque errantium fulgoribus ineſſe, ut ejus efficacia in ea, qua ſe repraeſentant, rotunditate permaneant; allein demungeachtet war der Begriff der Schwere damals noch ſehr unbeſtimmt, wie am beſten diejenigen Fragen beweiſen, welche Bacon von Verulamio den Phyſikern zur weitern Prüfung vorlegte. Bacon ſelbſt hält die Schwere für

i) Aſtronomia inſtaurata libris VI. comprehenſa, qui de revolutionibus orbium coeleſtium inſcribuntur. cap. IX.

für eine Wirkung der aus den Körpern ausgehenden Geiſter und einer eigenen Kraft (virtus immateriata) der Körper nach allgemeiner Vereinigung. So iſt die Bewegung der Erdenkörper durch die Schwere eine Folge der Sympathie mit dem Erdballe. Seine Fragen, die er einer weitern Unterſuchung würdig hält, ſind folgende:

1) Solle man unterſuchen, was für Körper fähig wären, vermöge der Schwere in Bewegung geſetzt zu werden, was für Körper durch die Leichtigkeit bewegt werden könnten, und endlich, was für Körper weder durch die Schwere noch durch die Leichtigkeit zu bewegen wären oder welche den mittleren Zuſtand behielten?

2) Solle man unterſuchen, welche unter den ſchweren Körpern mehr, und welche weniger wägen? ſo wie man auch erforſchen ſolle, welche von den leichten Körpern zuerſt, und welche langſamer in die Höhe getrieben würden?

3) Solle man unterſuchen, was die Quantität der Materie des Körpers zur Bewegung durch die Schwere beytrage? Es ſcheine zwar dieſe Unterſuchung dem erſten Anſcheine nach überflüſſig zu ſeyn, indem die Größe der Bewegung im Verhältniſſe mit der Quantität der Materie des Körpers ſey; allein in Rückſicht der Schwere verhalte ſich die Sache anders. Denn ob es gleich beym Abwägen der Körper ſeine Richtigkeit habe, daß die Maſſe der Körper ihrer Schwere proportional ſey, ſo komme es doch beym Falle der Körper nicht auf die Quantität der Materie an, indem 20 Pfund Bley faſt eben ſo ſchnell, wie ein Pfund Bley herabfielen.

4)

4) Solle man unterſuchen, ob die Maſſe des Körpers ſo ſehr vermehrt werden könne, daß die Bewegung durch die Schwere völlig aufhöre? So wie dieß beym Erdglobus ſtatt finde, welcher frey hange und doch nicht falle. Ob es daher auch möglich ſey, daß ſelbſt andere Maſſen eine ſolche Größe beſitzen können, daß ſie ſich ſelbſt zu erhalten vermögend ſind? Denn daß die Materie durch einen gewiſſen Trieb gegen den Mittelpunkt der Erde feſt gehalten werde, ſey eine blos erdichtete Sache. Eine jede Maſſe von beträchtlicher Größe habe vielmehr ein Beſtreben, ſich vom Mittelpunkte weg zu bewegen, wofern ſie nicht von einem andern ſtärkern Antriebe zurückgehalten werde.

5) Solle man unterſuchen, welchen Einfluß ein Körper, welcher der Bewegung der Schwere im Wege iſt, auf dieſe habe? Ein frey herabfallender Körper durchdringe entweder den im Wege liegenden Körper, und trenne daher ſeine Theile, oder er werde von dieſem aufgehalten. Im erſten Falle könne der Widerſtand gering, wie in der Luſt, aber auch größer ſeyn, wie im Waſſer; im andern Falle aber könne die Bewegung aufhören vermöge eines ungleichen Widerſtandes, als z. B. wenn Holz auf Wachs gelegt wird, in welchem Falle die Schwere größer werde, oder mittelſt eines gleichen Widerſtandes, wie z. B. wenn Waſſer auf Waſſer gegoſſen oder Holz auf Holz gelegt wird. Alles dieß aber verändere die Bewegung der Schwere; denn anders ſey die Bewegung der Körper an den Wagebalken, anders beym freyen Falle; auch anders (welches ſehr wunderbar zu ſeyn ſcheine) an den Wagebalken in freyer Luſt, und anders an denen, welche unters Waſſer verſenkt wären; noch anders erfolge

die Bewegung der Schwere durchs Waſſer und anders in ſchwimmenden Körpern.

6) Ferner ſolle man unterſuchen, ob die Figur oder Geſtalt des frey herabfallenden Körpers eine gewiſſe Modification in der Bewegung der Schwere zuwege bringe? Z. B. wenn der Körper eine große Ausdehnung beſitzt, oder wenn er eine kubiſche, parallelipedische, runde, pyramidenförmige Figur beſitzt; wenn ehe ſich die Körper wenden, und wenn ehe ſie in der nämlichen Lage bleiben, als ſie herabzuſinken anfangen?

7) Solle man unterſuchen, was die Fortſetzung des Falles dazu beytrage, daß die Körper mit größerer Gewalt und Kraft herabſinken? auch in welchem Verhältniſſe, und wie lange dieſer Trieb ſtatt finde? Nach der Meynung der Alten habe er beſtändig ſtatt, und werde immer größer.

8) Solle man unterſuchen, was die Entfernung oder Nähe des frey fallenden Körpers von der Erde dazu beytrage, daß der Körper entweder geſchwinder oder langſamer oder auch gar nicht herabfalle (wenn er nur auſſer dem Wirkungskreiſe unſerer Erde ſich befände, wie Gilberts Meynung geweſen ſey). Dabey ſolle man noch ferner die Unterſuchung anſtellen, was erfolgen werde, wenn der frey fallende Körper noch weiter in die Tiefe der Erde oder der Oberfläche derſelben näher verſetzt würde? Denn auch dieſes werde die Bewegung abändern, wie es an den Mineralien erhelle.

9) Solle man unterſuchen, was der Unterſchied der verſchiedenen Körper in Anſehung der Bewegung der Schwere bewirke? ob nämlich eine ſolche Bewegung den poröſen und weichen Körpern eben ſo gut, wie den harten und dichten mitgetheilt werden könne? Z. B.

wenn

wenn der eine Arm des Wagebalkens von Holz, der andere aber von Metall wäre, ob nicht dadurch eine Veränderung in der Wage ſelbſt erzeugt würde, wenn auch beyde einerley Gewicht beſäßen?

10) Solle man unterſuchen, was für einen Einfluß die Entfernung eines Körpers von dem Ruhepunkte auf die Mittheilung der Bewegung der Schwere habe? Z. B. wenn der eine Arm eines Wagebalkens länger als der andere iſt, mit jenem aber gleiches Gewicht beſitzt, ob nicht dadurch die Wage ſelbſt ſich neige?

11) Solle man ferner unterſuchen, was die Vermiſchung oder Verbindung eines ſchweren Körpers mit einem leichten zur Verminderung der Schwere des Körpers lebendiger und todter Thiere vermöge?

12) Solle man eine Unterſuchung über das wunderbare Aufſteigen und Niederſinken leichter und ſchwerer Körper in ihrer Vermiſchung anſtellen? woher oft ſo genaue Abſonderungen beyder Körper entſtehen? Z. B. die Abſonderung des Weins im Waſſer.

13) Solle man unterſuchen, welches die Richtung der Schwere ſey, und in wie fern ſie gegen den Mittelpunkt der Erde d. i. gegen die Maſſe der Erde hingehe, oder gegen den Mittelpunkt des Körpers ſelbſt d. i. gegen ſeine verbundenen Theile? Denn die Mittelpunkte der Körper hätten wohl ihren Nutzen bey Demonſtrationen, in der Natur ſelbſt aber gälten ſie nichts.

14) Solle man eine Unterſuchung anſtellen über die Vergleichung der Bewegung durch die Schwere mit andern Bewegungen, ob nämlich dieſe durch jene vernichtet würden oder umgekehrt? So hört z. B. die Bewegung der Schwere auf, ſo lange das Gewicht eines

Stücks Eiſen durch einen oft geringen Magnet gehalten wird.

15) Ferner ſolle man unterſuchen, welches die Grenze der Leichtigkeit ſey? — So wie die ſchweren Körper bis dahin getrieben zu werden ſchienen, wo ſie gleichſam für ganz unbeweglich zu halten wären, eben ſo würden auch die leichten Körper bis dahin geführt, wo ſie in einen eigenen Umlauf kämen, und gleichſam eine Bewegung ohne Grenze erlangten.

16) Solle man die Bewegung der Luft unterſuchen, ob vielleicht die Luft weder ſchwer noch leicht wäre? Es habe ſeine Schwierigkeit, dies auszumachen, nur ausgeſuchte Experimente könnten in dieſer Sache das gröſste Licht geben u. ſ. w.

Man ſieht aus dieſen Fragen, wie weit man in dieſer Sache noch zurück war. Ueberdieß ward dieſer Gegenſtand noch mehr durch unnütze und irrige Eintheilungen von der Bewegung der Körper, wie bald mit mehreren erhellen wird, in Verwirrung gebracht. Bacon's Zeitgenoſſe, Galilei, ein natürlicher Sohn des Vincenzo Galilei, eines florentiniſchen Edelmannes, fand durch richtige Anwendung der Mathematik aus dieſem Irrwege einen ſichern Weg. Unbekümmert über die Urſache der Schwere betrachtete er dieſe blos als eine Kraft, die ſtetig und unaufhörlich auf einen jeden Körper wirkt, und ſuchte mit Hülfe der Erfahrung die Geſetze, nach welchen ſich die Körper beym freyen Falle richten. Die hieher gehörigen Entdeckungen des ſcharfſinnigen Galilei ſind zu wichtig und haben einen zu großen Einfluß auf die nachherigen Erfindungen in der allgemeinen Phyſik, ſo daß ich es für nöthig halte, ſie etwas umſtändlich zu erzählen.

Als Galilei noch zu Piſa ſtudirte, vertheidigte er bereits in den gewöhnlichen Disputirübungen gegen ſeine Lehrer den Satz, daß alle Körper, von welcher Größe und Form ſie auch wären, in einerley Zeit von einerley Höhe frey herabfielen. Nachdem er hierauf ſelbſt als öffentlicher Lehrer in ſeinem 25ſten Jahre zu Piſa angeſtellt wurde, ſo vertheidigte er öffentlich nicht allein dieſen, ſondern noch mehrere Sätze gegen die peripatetiſche Phyſik. Er ließ von der Kuppel der daſigen Kirche verſchiedene Körper von ſehr ungleichem Gewichte herabfallen, welche doch den Boden beynahe zu gleicher Zeit erreichten; wenn nur die Dichtigkeiten dieſer Körper nicht zu ſehr von einander abwichen. Dieſe Verſuche, welche natürlich wegen der Neuheit vieles Aufſehen machten, und auf keine Weiſe widerlegt werden konnten, zogen ihm ſehr viel Feinde zu, ſo daß er ſich genöthigt fand, Piſa zu verlaſſen, und die ihm angetragene Lehrſtelle zu Padua zu übernehmen. Galilei änderte dieſe ſeine Meynung mit dem neuen Wohnorte nicht, vielmehr fand er ſie allenthalben durch neue Verſuche beſtätigt, wohin unter andern der Verſuch mit zwey Pendeln von gleichen Längen gehört, die ihre Schwingungen mit gleicher Geſchwindigkeit verrichteten, ob ſie gleich mit verſchiedenen Gewichten beſchwert waren, wovon weiter unten. Durch dieſe Verſuche hatte Galilei wenigſtens zuerſt gezeigt, daß die allgemein vertheidigte Meynung der Scholaſtiker, daß der freye Fall der Körper im Verhältniſſe ihrer Gewichte ſey, auf Irrthum beruhe. Allem Vermuthen nach ward Galilei durch eine Beobachtung, die er ſchon im 19ten Jahre an einigen in einer Kirche hängenden Kronleuchtern machte, auf die Gedanken gebracht, daß der Satz der Scholaſtiker in Anſehung des freyen Falles der Körper irrig ſey. Er hatte nämlich

lich mit Verwunderung wahrgenommen, daß die gleich lang herabhängenden Leuchter gleichzeitig ſchwungen, eine ſcheinbare Kleinigkeit, welche den meiſten gleichgültig ſeyn würde, für einen ſcharfſinnigen Kopf aber, wie Galilei, von der größten Erheblichkeit war. Unfehlbar brachte ihn das Nachdenken darauf, daß die ſchwingenden Kronleuchter als ſchwere Pendeln ganz im Falle zweyer Gewichte ſind, welche auf gleich geneigten ſchiefen Flächen herabrollen. Da nun dieſe in einerley Zeit zur unterſten Stelle kamen, ſo mußte er natürlich daraus auf den Schluß kommen, daß die ſchweren Körper durch den freyen Fall in gleicher Zeit auch gleiche Räume durchlaufen, und daß folglich der angeführte Satz der Scholaſtiker in der Wirklichkeit nicht ſtatt finde. Dieſe Ueberlegungen brachten ihn wahrſcheinlich auch auf den Gedanken, die Verſuche, womit er die Geſetze des freyen Falles der Körper erwieß, auf der ſchiefen Ebene anzuſtellen.

Nachdem nun Galilei ſich davon überzeugt hatte, daß die Körper in einerley Zeit von einerley Höhe frey herabfielen, ſo war er auch begierig zu wiſſen, nach welchen Geſetzen dieſe Bewegung erfolge. Man war damals der gemeinen Meynung zugethan, daß die Geſchwindigkeit des frey herabfallenden Körpers im Verhältniſſe des zurückgelegten Weges zunehme; wenn nämlich der Körper durch 6 Fuß gefallen ſey, ſo habe er eine 6 mal größere Geſchwindigkeit, als am Ende des erſten Fußes. Dieſe Meynung ſcheint dem erſten Anſcheine nach einfach und natürlich zu ſeyn, und Galilei ſelbſt konnte ſich eine Zeitlang nicht von ihr losreißen; allein bey genauerer Unterſuchung hat ſie etwas unmögliches und widerſprechendes, und Galilei widerlegt ſie in ſeinen Geſprächen auf eine ſinnreiche Art,

Art, indem er zeigt, daß ſie bey der Anwendung auf den Fall der Körper mit ſich ſelbſt ſtreite. Er ſagt nämlich, wenn die Geſchwindigkeit im Verhältniſſe des zurückgelegten Weges zunehme, ſo müßten die Wege in einerley oder gleicher Zeit durchlaufen werden. Hätte die Geſchwindigkeit, welche ein Körper durch den Fall (fig. 1.) ac erlangt habe, mit der Geſchwindigkeit, die er durch den Fall ab erhalten, einerley Verhältniß mit den zurückgelegten Wegen ac und ab, ſo müſſe er in einerley oder gleicher Zeit durch beyde Räume ac und ab fallen. Es ſey aber unmöglich, daß ein Körper in einerley Zeit durch den Fall den ganzen Weg ac und auch den Theil ab zurücklege, wenn man nicht eine Bewegung in inſtanti behaupten wolle. Eine ſolche Bewegung könne aber nicht ſtatt haben, mithin könne auch die Geſchwindigkeit der frey herabfallenden Körper nicht im Verhältniſſe des zurückgelegten Weges zunehmen. Noch andere glaubten, die in gleichen Zeiten durchlaufenen Wege nähmen zu wie die Segmente der durch den ſogenannten güldenen Schnitt (media et extrema ratione, ſectione aurea ſ. divina) getheilten Linie d. i. ſo daß ſich das kleinere Segment zum größern, wie dieſes zur ganzen Linie, oder zur Summe von beyden verhalte: oder daß ſich der Fallraum in der erſten Sekunde zum Fallraume in der zweyten Sekunde verhielte, wie dieſer zum ganzen Raume in beyden Sekunden u. ſ. f. Dieſe Vorſtellung hatte ihren Grund in den blos eingebildeten Vollkommenheiten, welche man dieſer Art von Theilung der Linien beylegte. Galilei, welcher dieſe Meynungen für unſtatthaft fand, glaubte vielmehr, nachdem er eine Zeitlang darüber nachgedacht hatte, daß die Geſchwindigkeit beym freyen Falle der Körper im Verhältniſſe der verfloſſenen Zeit zunehme,

ſo

ſo daß ſie nämlich im zweyten Zeittheile doppelt, im dritten dreymal, im vierten viermal ſo groß iſt, als im erſten Zeittheile. Dieſen Satz nahm er anfänglich als Hypotheſe an, unterſuchte alsdenn durch eine richtige Anwendung der Mathematik, was für Geſetze des Falles der Körper daraus folgen, zeigt hiernächſt durch Erfahrungen, daß dieſe Geſetze beym Fallen der Körper wirklich ſtatt haben, und macht zuletzt den Schluß, daß der angenommene Satz in der That keine Hypotheſe ſondern ein wahres Naturgeſetz ſey. Sein Verfahren hiebey iſt folgendes. Wenn (fig. 2.) a b horizontal und c b auf a b ſenkrecht iſt, ſo ſtellt c a eine ſchiefe Ebene vor, auf welcher eine recht glatte Kugel von dichter Materie ſich frey überlaſſen herabrollt; hier behauptet nun Galilei, daß die Kugel, welche von der ſchiefen Ebene c a herabgerollt iſt, in der Stelle des Horizontes a die nämliche Geſchwindigkeit erlangt habe, als ſie erlangt haben würde, wenn ſie frey von der ſenkrechten Höhe c b herabgefallen wäre. Dieſen Satz gründet er auf folgenden Verſuch: wenn man an einen (fig. 3.) in a feſt gemachten dünnen Faden eine bleyerne Kugel c befeſtiget, dieſe aus der natürlichen lothrechten Richtung a b in die ſchiefe Lage a c bringt und durch c eine horizontale Linie c d ziehet, hierauf aber die Kugel, ohne ihr einen Stoß zu geben, fahren läßt, ſo wird ſie nun durch den Bogen c b herabfallen, jedoch in b nicht ruhen, ſondern rückwärts beynahe einen eben ſo großen Bogen b d, als c b war, zurücklegen, ſo daß ſie beynahe die Horizontale c d in d erreichet; wenn ferner der Faden nur in der Länge b f = f e in f befeſtiget, und die Kugel wieder bis zur vorigen horizontalen c d in e erhoben wird, ſo wird ſie ebenfalls ſich frey überlaſſen durch den Punkt b gehen, und beynahe

wiedet bis zur Horizontalen cd in g ſteigen. Hier‑
aus macht nun Galilei den Schluß, daß die Kugel durch einen jeden ſolchen freyen Fall in b eine gleiche Geſchwindigkeit müſſe erlangt haben; denn wenn dieß nicht ſtatt habe, ſo würde die Kugel auch unmöglich zu eben der Höhe wieder aufſteigen können, von welcher ſie herabfiel. Müſſe nun nicht, fragt er, die Kugel die nämliche Wirkung hervorbringen, wenn ſie von den Ebenen bc, be frey herabfalle? Es ſey daher wahrſcheinlich, daß die Kugel, welche von dieſen oder ähnlichen ſchiefen Ebenen herabrolle, in einerley horizontalen Ebene, auch gleiche Geſchwindigkeit werde erlangt haben, welche mit der durch den lothrechten Fall hc erhaltenen einerley ſey. Galilei ſetzt hierauf als eine allgemeine Erklärung feſt, daß die Geſchwindigkeiten der Körper gleich genennt werden, wenn ſich die von ihnen zurückgelegten Wege, wie die Zeiten verhalten. Hiernach müſſe ſich alſo die Zeit des Herabſinkens von der ſchiefen Ebene (fig. 2.) ca zu der Zeit des ſenkrechten Herabfallens cb, wie ca : cb verhalten. Nun ſind vermöge Galilei's angenommenem Satze die Geſchwindigkeiten, die die Körper durch den freyen Fall erlangt haben, wie die Zeiten, mithin verhalten ſich auch die Geſchwindigkeiten, welche ein Körper in einerley Zeit durchs Herabrollen von der ſchiefen Ebene ca und durchs ſenkrechte Herabfallen cb erlangt haben, wie die zurückgelegten Wege. Will man alſo den Weg geometriſch beſtimmen, welchen ein Körper in eben der Zeit, die während des freyen ſenkrechten Falles cb verfließt, auf der ſchiefen Ebene ca zurücklegt, ſo darf man nur aus der Spitze des rechten Winkels b die ſenkrechte Linie bd auf die ſchiefe Ebene ca ziehen, ſo wird cd der Weg ſeyn, welchen der Körper auf der ſchiefen Ebene in eben

eben der Zeit zurücklegt, in welcher er die ſenkrechte Höhe cb frey durchläuft. Denn es iſt das Dreyeck cdb dem Dreyecke acb ähnlich, folglich iſt cd : cb = cb : ca d. h. der Weg, welchen der Körper in einerley Zeit auf der ſchiefen Ebene zurücklegt, verhält ſich zur freyen vertikalen Höhe, wie die Höhe der ſchiefen Ebene cb zu ihrer Länge ca; weil ſich nämlich in einem ſolchen Falle die nach einerley Zeit erlangten Geſchwindigkeiten auf der ſchiefen Ebene und beym ſenkrechten Falle, wie dc : cb verhalten, ſo müſſen ſich auch dieſe Geſchwindigkeiten zu einander verhalten, wie die Höhe der ſchiefen Ebene zu ihrer Länge. Dieſe geometriſchen Betrachtungen gaben dem Galilei ein Mittel an die Hand, die auf der ſchiefen Ebene zurückgelegten Wege mit denen, welche die Körper in eben der Zeit durch den ſenkrechten Fall würden zurückgelegt haben, zu vergleichen, und die Geſetze, welche die Körper beym freyen Falle befolgen, durch Verſuche genauer und zuverläſſiger zu beſtimmen.

Ehe nun noch Galilei zu den Verſuchen ſchritt, ſtellte er noch folgende geometriſche Betrachtungen an. Wenn in der geraden Linie (fig. 4.) ac die gleichen Theile ad, de, ef, fg, gc gleiche Zeittheile vorſtellen, und es werden ſodann die dieſen Zeittheilen zugehörigen Geſchwindigkeiten auf die gerade Linie ac durch die Theilungspunkte d, e, f, g, c ſenkrecht geſetzt, ſo werden alle Endpunkte dieſer unter ſich parallelen Linien dh, ei, fk, gl, cb in der geraden Linie ab liegen, wenn ſie nämlich nach Galilei's Vorausſetzung, daß ſich die Geſchwindigkeiten wie die verfloſſenen Zeiten verhalten, gezeichnet werden; denn in einem ſolchen Falle wird alsdenn ſtets ad : ac = dh : cb u. ſ. f. ſeyn. Ehe aber nun der von a frey herabfallende Körper

per den Zeittheil ad zurückgelegt habe, müſſe er nothwendig erſt nach und nach alle die zwiſchen ed liegenden kleinern Theilchen der Zeit ad, die gleichſam als Punkte der geraden ad angeſehen werden könnten, zurückgelegt haben. Es müſſe daher der Körper noch vor der erlangten Geſchwindigkeit dh kleinere Geſchwindigkeiten erhalten haben, die nämlich mit den kleinern Zeittheilchen zwiſchen a und d zuſammengehörten. Da nun zwiſchen ad unendlich viele Zeittheilchen gedacht werden könnten, ſo müßten auch die Grade der Geſchwindigkeiten des herabfallenden Körpers unendlich zunehmen, welche die durch die unendlich vielen Punkte der geraden ad mit dh parallel gezogenen Linien vorſtellten. Alle dieſe unendlich vielen parallelen Linien aber drückten den Flächenraum des Dreyecks adh aus, folglich wachſe die Geſchwindigkeit des frey herabfallenden Körpers in jedem Momente, oder ſtetig, wie dieß auch eine gleichförmig beſchleunigte Bewegung, dergleichen die Bewegung des freyen Falles ſey, erfordere. Eben ſo wird auch der Raum in der ganzen Zeit ac durch das ganze Dreyeck abc ausgedrückt. Es verhalten ſich aber die Dreyecke ahd und bac wie $ad^2 : ac^2$ d. i. wie die Quadrate der Zeiten. Dadurch fand alſo Galilei nach ſeiner Vorausſetzung das Geſetz, daß ſich beym freyen Falle der Körper die Räume zu einander verhielten, wie die Quadrate der verfloſſenen Zeiten oder wie die Quadrate der Geſchwindigkeiten. Nachdem er nun dieſes Geſetz gefunden hatte, ſo nahm er die Erfahrung zu Hülfe. Er ließ ſich nämlich in einem Pfoſten, welcher 12 Ellen lang, eine Elle hoch und 3 Zoll breit war, auf ſeinem obern ſchmalen Rande einen Zoll breiten Canal aushölen, welchen er der Glätte wegen mit Pergament genau ausfütterte. Dieſen Pfoſten konnte er mit

dem

dem einen Ende nach Gefallen eine oder mehrere Ellen über den Horizont erhöhen, und die Zeit bemerken, in welcher eine glatte meſſingene Kugel entweder durch den ganzen Canal oder durch einen gewiſſen Theil derſelben herunterlief. Die Zeit maß er durch das Gewicht des Waſſers, welches während derſelben aus dem Boden eines ſehr breiten Gefäßes durch ein enges Röhrchen abgelaufen war. Er verſichert bey mehr als hundertfältigen Wiederholungen den zurückgelegten Raum jederzeit dem Quadrate der Zeit proportional d. i. in doppelter Zeit viermal, in dreyfacher Zeit neunmal ſo groß u. ſ. f. gefunden zu haben.

Da er nun die Richtigkeit dieſes Geſetzes durch Erfahrung gezeigt hatte, ſo beſtimmte er daraus, als eine natürliche Folge, folgendes Geſetz, daß ſich die Räume, welche die Körper beym freyen Falle in gleichen auf einander folgenden Zeittheilen zurücklegen, wie die ungeraden Zahlen 1, 3, 5, 7, 9, 11, u. ſ. f. verhalten, d. h. der Weg in der andern Sekunde iſt dreymal, in der dritten 5 mal, in der vierten 7 mal ſo groß u. ſ. f. als in der erſten Sekunde.

Wenn man endlich das ganze Parallelogramm a m b c verzeichnet, und zugleich die durch alle Punkte der Seitenlinie a c mit b c parallele Linien zieht, ſo wird nun das ganze Parallelogramm die Summe eben ſo vieler Geſchwindigkeiten, deren jede der b c gleich iſt, vorſtellen, als das Dreyeck a b c mit der am Ende c erlangten größten Geſchwindigkeit b c vorſtellt, welches der frey herabfallende Körper binnen der Zeit a c durchlaufen hat. Dieſes Parallelogramm iſt aber doppelt ſo groß, als das Dreyeck a b c. Wenn alſo ein Körper, der in einer gewiſſen Zeit durch den freyen Fall eine Geſchwindigkeit erhalten hat, gleich

anfänglich mit dieſer Geſchwindigkeit gleichförmig in eben der Zeit ſich fortbewegte, ſo würde ſein zurückgelegter Weg doppelt ſo groß ſeyn, als derjenige Weg, welchen der frey herabfallende Körper zurücklegt.

Aus den Geſetzen des Falles auf der ſchiefen Ebene hat Galilei noch folgende merkwürdige Sätze gefolgert, die ſehr leicht aus den kurz zuvor angeſtellten geometriſchen Betrachtungen fließen:

1) Daß der Fall durch alle Sehnen eines Kreiſes eben ſo lange dauert, als der freye Fall durch den lothrechten Durchmeſſer. So wird die Zeitdauer während des Herabrollens der Körper auf den Sehnen (fig. 5.) ad, ac und ae eben ſo groß ſeyn, als die während des freyen Falles durch den Durchmeſſer ab. Eben ſo lang dauert aber auch der Fall durch die Sehnen db, ce und eb. Unter dieſe Sehnen gehört ſelbſt noch die letzte gleichſam verſchwindende, welche man ſich denken kann, wenn e ſo nahe als man will an b gerückt iſt.

2) Daß der Körper durch den Quadranten (fig. 6.) adeb in kürzerer Zeit fällt, als durch ſeine Sehne ab, obgleich dieſe kürzer als der Quadrant iſt. Er folgerte ſogar hieraus, daß der Quadrant die Curve ſey, welche der Körper von a bis b in der möglichſt kürzeſten Zeit führe. — Allein hierinn irrte ſich Galilei.

3) Daß der Körper, den Quadranten zu durchlaufen, weniger Zeit erfordere, als wenn er durch zwey Sehnen ad + db, oder durch drey ad + de + eb, oder auch durch mehrere darinn gezogene Sehnen laufe.

Alle dieſe von Galilei ſchon um das Jahr 1602 gemachten Entdeckungen trägt er in ſeinen Geſprächen

über die Bewegung vor [k]). Uebrigens iſt es leicht zu erachten, daß ſie damaliger verjährter Vorurtheile wegen viele Widerſprüche fanden. Die Geſchichte hievon fällt aber größtentheils in die Zeiten des Carteſius, und ſoll daher auch daſelbſt in möglichſter Kürze vorgetragen werden. Auſſer dieſen bisher angeführten Erfindungen hat Galilei noch eine große Menge anderer ſehr wichtiger Entdeckungen gemacht, von welchen allen an den gehörigen Stellen Nachricht gegeben werden wird.

Ueber das Weſen und über die Urſache der Schwere bekümmerte ſich Galilei nicht; er ſagt vielmehr ausdrücklich, daß man von allen dieſen nichts wiſſe. Der Nahme Schwere ſey ein bloßer Ausdruck, den man im gemeinen Leben ſowol als in den Wiſſenſchaften nöthig habe; was es aber für ein Princip oder was es für eine Kraft ſey, wodurch ein Stein, welcher entweder ſich frey überlaſſen oder nach irgend einer Richtung hin geworfen wird, gegen die Erde getrieben, oder wodurch der Mond im Umlauf gebracht werde, das ſey uns gänzlich unbekannt.

Des Galilei Zeitgenoſſe, der berühmte Aſtronom Johann Kepler, welcher zu Leonberg in dem Würtenbergiſchen im Jahre 1571 gebohren war, hatte ſchon einen richtigern Begriff von der Schwere, als alle ſeine Vorgänger. Er ſchränkt ſie nicht blos auf die Körper unſerer Erde ein, ſondern erſtreckt ſie auch auf den Mond, die Sonne und die Planeten. Er ſagt, die Schwere ſey nichts anders, als ein körperliches-

k) Diſcorſi e dimoſtrazione matematiche intorno a due nuove ſcienze attenenti alla Mecanica ed i muovimenti locali Leid. 1638. 4. und in den opere di Galileo Galilei. Firenze 1718. T. I-III. 4. T. II. p. 479.

liches und gegenſeitiges Beſtreben ähnlicher Körper, ſich mit einander zu vereinigen. Die ſchweren Körper ſtreben nicht nach dem Mittelpunkte der Welt, ſondern nach dem Mittelpunkte desjenigen runden Körpers hinzugehen, wovon ſie einen Theil ausmachen; und wenn die Erde nicht rund wäre, ſo würden die Körper nicht ſenkrecht auf die Oberfläche derſelben fallen. Würde der Mond nicht von der Erde, und dieſe hinwiederum nicht vom Monde in der gehörigen Entfernung zurückgehalten, ſo würden ſich beyde Körper gegen einander bewegen, und ſich zuletzt wirklich vereinigen; dieß würde bey der Vorausſetzung, wenn beyde aus Materie von gleicher Dichtigkeit beſtünden, alsdenn erfolgen, wenn der Mond ohngefähr $\frac{53}{54}$ des Weges, und die Erde den übrigen Theil deſſelben zurück gelegt hätte. Der Mond beweiſe eine anziehende Kraft gegen unſere Erde; denn dadurch werde das Waſſer des Weltmeeres in der heißen Zone unter dem Orte, deſſen Scheitelpunkt er einnehme, erhoben, und da er durch den Scheitelpunkt ſchnell hindurchgehe, das Waſſer aber in derſelben Geſchwindigkeit nicht nachfolgen könne, ſo erzeuge ſich dadurch eine anhaltende Strömung von Oſten nach Weſten, welche unaufhörlich auf die entgegengeſetzten Geſtade ſtoße, und auf die Küſten zurückgeworfen werde. Hieraus entſtehe ferner der Luftſtrom, welchen diejenigen erfahren, die unter der heißen Zone ſchiffen. Ferner gründe ſich hierauf die Entſtehung oder die Vernichtung verſchiedener Sandbänke, oder Inſeln, ſo wie die Aushölung des mexicaniſchen Meerbuſens, und die öſtliche Küſte Aſiens [l]). Aus dieſer Stelle

l) Aſtronomia nova αἰτιολογητὸς tradita commentariis de motibus ſtellae Martis. Prag 1609. fol.

Stelle ſieht man ſchon hinreichend, daß Kepler die Schwere der Erdkörper als einen einzelnen Fall von der allgemeinen Schwere oder Gravitation betrachtet, von welcher leztern er eben ſo richtige Begriffe anführt, als nachher Newton bey ſeinem vortrefflichen Syſteme zum Grunde legte. Ein ſolcher ſcharfſinniger Mann, wie Kepler war, welcher ſchon aus ſichern Quellen, die beſonders Tycho de Brahe und Galilei entdeckt hatten, ſchöpfen konnte, und welcher mit einem ſo ſcharfſinnigen Blicke die verſchiedenen Welten in ihrer beſtmöglichen Ordnung herumirren ſahe, mußte nothwendig auf den Gedanken kommen, daß alle dieſe Körper eine gegenſeitige Wirkung auf einander ausübten, und daß hierinn blos der Grund ihrer ſo bewundernswürdigen Erhaltung liegen könne. Bey ſolchen ſchönen und beſtimmten Aeuſſerungen über die allgemeine Schwere kann man ſich aber nicht genugſam verwundern, wie Kepler neun Jahre darauf in einer andern Schrift m) eine ſo ſchlechte und hievon ganz abweichende phyſiſche Aſtronomie vortragen konnte, nach welcher die Sonne die Planeten nur alsdenn anziehet, wenn ſie ihr die freundſchaftliche Seite (partem amicam) zukehren, ſonſt aber abſtößt. Dieſer mit einer zu lebhaften Einbildungskraft begabte Mann war vermuthlich auf ſolche Gedanken dadurch gekommen, daß ihm die Anziehung der Himmelskörper gegen einander unzureichend ſchien, ſie in ihrer Laufbahn zu erhalten. Denn ſo, dachte er ohne Zweifel, müßten dieſe Körper irgendwo einmal zuſammen kommen, und ſich gleichſam, wie ein Paar ſich ſehr liebende Freunde zu umarmen pflegen, mit einander vereinigen, daher

m) Epitome aſtronomiae copernic. Lentiis ad Danub. 1618. 8.

daher er dieſe Seite des Planeten pars amica nennte. Um aber dieſes Zuſammenkommen zu verhüten, mußte er auch annehmen, daß die Sonne den Planeten eben ſo ſtark wieder abſtoße, als ſie ihn auf der andern Seite anziehe; folglich war jene Seite pars inimica.

Auch ſcheint Kepler den erſten Gedanken gehabt zu haben, die Schwere der Erdkörper auf eine mechaniſche Art zu erklären. Er nimmt nämlich an, daß gewiſſe um den Mittelpunkt der Erde herumbewegte ſeine Ausflüſſe (ſpiritus, effluvia ſpiritantia) die Körper ſenkrecht gegen die Erde niedertrieben. Dieſe Ausflüſſe beſchreibt aber Kepler ſo dunkel und mit ſolchen dichteriſchen Ausdrücken, daß man faſt vermuthen ſollte, er verſtehe darunter wirkliche Geiſter. Auch haben ihn einige ſo verſtanden. So ſagt Saverien [n]), Kepler nehme Geiſter an, welche die Körper gegen den Mittelpunkt der Erde herabzögen, und wolle damit zugleich andeuten, daß die Urſache der Schwere außer der Grenze unſeres Wiſſens wäre. Allein Kepler hat hieran gewiß nicht gedacht; ſeine lebhafte Einbildung verleitete ihn blos, beſonders bey verſuchten phyſiſchen Erklärungen, zu dichteriſchen Ausdrücken. Inzwiſchen hat doch Keplers Gedanke, die Schwere der Erdkörper durch Ausflüſſe aus der Erde zu erklären, mehrere angereizt, ähnliche Erklärungen zu verſuchen, welche viel Aufſehen gemacht haben, und wovon in der Folge.

Von Keplers übrigen Entdeckungen wird man an den gehörigen Orten die nöthigen Nachrichten finden.

Zuſam-

n) Dictionaire de mathemat. et de phyſique. art. *peſanteur.*

Zuſammenhang oder Cohäſion.

Der Zuſammenhang der materiellen Theile der verſchiedenen uns umgebenden Körper, deren Größe durch den Widerſtand, welchen die Körper der Trennung ihrer Theile entgegenſetzen, beſtimmt wird, iſt eine überaus wichtige Erſcheinung in der Körperwelt, ohne welche alles ein unförmliches Chaos ſeyn und bleiben würde. Nothwendig mußte daher ſchon das höchſte Alterthum darauf aufmerkſam ſeyn; allein ich muß im voraus zur wahren Demüthigung unſers Wiſſens bemerken, daß man bis auf gegenwärtige Zeiten auch noch kein einziges allgemeines Geſetz von dieſer Erſcheinung hat auffinden können, ihre wahre Urſache nicht zu gedenken. Da aber dieſes Phänomen auf unſer Wohl, und ſelbſt auf die Erhaltung und Beſchützung unſers Lebens ſo großen Einfluß hat, ſo halte ich es um ſo nöthiger, in gehöriger Ordnung die Meynungen der Phyſiker hierüber anzuführen. Vielleicht läßt ſich ſelbſt hieraus zuletzt ein Ausweg finden, um der wahren Sache etwas näher zu kommen.

Die Peripatetiker betrachteten die Härte und den Zuſammenhang als eine Qualität der zweyten Ordnung d. h. als eine Wirkung, welche von der Trockenheit, einer Qualität der erſten Ordnung, als ihrer Urſache herrühre. Noch andere haben einen Leim zwiſchen den körperlichen Theilchen, oder wohl gar Häkchen, welche in einander greifen, angenommen. Alle dieſe Meynungen aber konnten niemanden zum Beyfalle reizen, weil dabey immer noch die Hauptfrage unbeantwortet bleibt, was die eigentliche Urſache des Zuſammenhanges in dieſem Leime oder der Häkchen ſey.

Bacon von Verulamio hat ſich über dieſen Gegenſtand etwas weitläuftiger verbreitet. Er hält über-

überhaupt den Zuſammenhang der körperlichen Theilchen als ein Beſtreben nach Continuität, nur werde dieſe durch die Einwirkung der Geiſter verſchiedentlich modificiret. Daher entſteht eine dichte, dünne, luſtige, harte, weiche Conſiſtenz der Körper, und eine ſolche, die zum Flüſſigwerden geneigt iſt; ferner entſtehen dadurch beugſame, ſtreckbare, zerbrechliche, ſpröde, poröſe Körper u. ſ. f. Was die Dichtigkeit der Körper betrifft, ſo kann dieſe nach ihm auf viererley Weiſe erfolgen: 1. durchs Zuſammendrücken; jedoch bleibt dadurch die Dichtigkeit nicht beſtändig, ſondern die zuſammengedruckten Theile ſpringen nach nachgelaſſener drückender Kraft wieder zurück; 2. durchs Zuſammenziehen der gröbern Theile, nachdem die feinern aus dem Körper vertrieben worden ſind, wie dieß beſonders beym Verhärten mittelſt des Feuers geſchieht; 3. durch die Vereinigung der homogenen Theile, welche größtentheils im Körper feſte ſind, mit weniger feſten aber vermiſcht wären, wie dieß z. B. der Fall iſt bey Reinigung der Metalle von ihren Schlacken; 4. durch eine gewiſſe Harmonie, wodurch die Theile vermöge einer geheimen Kraft der Körper näher mit einander verbunden werden; über letzteres ſcheint aber Bacon die Hoffnung aufzugeben, etwas beſtimmtes ausmachen zu können.

Die feſten Körper beſtehen nicht aus bloßen gleichartigen Theilen, ſondern vielmehr aus ſolchen, die ihrer Natur nach einander entgegengeſetzt ſind, nämlich aus geiſtigen und ſich berührenden. Hiebey iſt jedoch noch zu bemerken, daß die geiſtige Subſtanz in einigen feſten Körpern ganz allein der natürliche Geiſt, in andern Körpern aber blos die Luft iſt, welche nach Entweichung des natürlichen Geiſtes deſſen Stelle ein=

 genom=

genommen hat. Dieß leztere findet beſonders bey denjenigen feſten Körpern ſtatt, welche entweder die Hitze oder das hohe Zeitalter ausgetrocknet hat. Aus dieſen leztern Körpern nämlich iſt bey der Entweichung des natürlichen Geiſtes zugleich die Feuchtigkeit mit entwichen; und die Luft iſt nach und nach in die Poren derſelben eingedrungen. Daher ſind auch dieſe Körper mehr zerbrechlich. Denn die Zerbrechlichkeit der Körper beruhet nach Bacon auf dem Unvermögen in der Ausdehnung der Theile; die Urſache dieſes Unvermögens aber iſt die geringe Menge der Geiſter, welche ſolche Körper enthalten, und welche die Ausdehnung der körperlichen Theile ungemein befördern. Weniger zerbrechliche Körper hingegen, oder ſolche, welche einer ſtark auf ſie wirkenden Kraft widerſtehen können, ehe ſie zerbrechen, beſitzen auch eine beträchtliche Menge Geiſter, eine geringere Anzahl von Poren und überdem mehr feuchte ſich berührende Theile. Da nun eine große Verſchiedenheit der natürlichen Geiſter ſtatt hat, indem einige warmer, andere kalter Natur, einige thätig, andere es nicht ſind u. ſ. f. ſo erklärt Bacon hieraus die verſchiedenen Grade der Feſtigkeit der Körper.

Harte Körper entſtehen aus der in ihnen enthaltenen geringen Menge der Geiſter, und derſelben ungleichen Vertheilung mit den ſich berührenden Theilen. Uebrigens führt Bacon drey Mittel an, die Härte der Köcper zu vermehren, oder ſie ihnen, wenn ſie gar keine beſitzen, zu verſchaffen. Das erſte iſt die Kälte, deren Eigenſchaft überhaupt darinn beſteht, alles zu verdichten. Das zweyte Mittel iſt die Wärme; jedoch iſt dieſe nicht als die wirkende Urſache ſelbſt bey der Verhärtung der Körper, ſondern nur als Nebenurſache

urſache zu betrachten; denn die Wärme beſitzt eigentlich die Eigenſchaft, die Körper zu verdünnen, bey dieſer Wirkung aber vertreibet ſie die Geiſter und die feuchtern körperlichen Theile, wodurch eben die gröbern ſich berührenden Theile ſich mehr zuſammen ziehen. Die Urſache dieſes Zuſammenziehens ſetzt er in den Abſcheu, welchen die Natur für die Leere habe (ein Satz, den die Peripatetiker lehrten). Das dritte Mittel beſteht in der Verähnlichung eines harten Körpers mit einem weichen. Als Beyſpiele in Anſehung des erſten Mittels führt Bacon den Schnee, das Eis, eine Vermiſchung des Salpeters mit Kochſalz, welche das aufgelöſete Salz in wenigen Stunden zu gefrieren mache, an u. ſ. f. In Rückſicht des zweyten Mittels beruft er ſich auf die Verfertigung der Dachziegeln und Backſteine, des gemeinen Glaſes, und auf die Verglaſung des Metalles u. ſ. f. Auch machte er eine Maſſe von Thon, Käſe, Kreide und einem Stücke Stein dadurch beträchtlich härter, daß er ſie in eine Flaſche that, und dieſe in kochendem Waſſer 12 Stunden lang hielt, ohne dem Waſſer einen Eintritt zu verſchaffen. Er vermuthet, daß dieſe Wirkung noch ſtärker geweſen ſeyn würde, wenn er die Flaſche noch längere Zeit in dem Waſſer gelaſſen hätte. Bey dem dritten Mittel endlich führt er als Beyſpiele den Mörtel an, welcher bey den Ruinen alter Gebäude eben ſo hart, wie das Geſtein, gefunden werde, den Weinſtein in den Weingefäßen, der weit härter als das Holz der Gefäße wäre u. ſ. f. Ueberdem führt er hierbey noch an, daß die Demanten, Rubine und Cryſtalle anfänglich flüſſig geweſen ſeyn.

Die weichen Körper enthalten eine beträchtliche Menge Geiſter, und ihre ſich berührenden Theile ſind

gleichförmiger vertheilt, als in den harten Körpern. Daher beſitzen die weichen Körper eine gewiſſe Schlüpfrigkeit und Zähigkeit, wie man am Wachſe, Bleye, Golde u. ſ. f. wahrnehme. Uebrigens ſetzt er zwey Arten von weichen Körpern feſt, deren erſtere dieß beſondere hat, daß die dahin gehörigen Körper einem andern auf ſie wirkenden ohne großen Widerſtand ausweichen, und bey ihrer Formänderung beſtändig einerley Raumesinhalt behalten, wie z. B. beym Wachſe, Thone u. ſ. f.; bey der andern Art hingegen ändert ſich der Raumesinhalt, wie z. B. wenn ein Stein in ein Gefäß mit Waſſer gebracht wird, ſo weicht zwar das Waſſer ſehr leicht aus; allein ſein Raumesinhalt wird dadurch vergrößert.

Die ſtreckbaren und dehnbaren Körper beſitzen beſonders die eigene Fähigkeit, die Continuität ihrer ſich berührenden Theile zu erhalten. Dieſerwegen wären auch dieſe geſchickt, ſich ſowol in dünne Platten ſchlagen, als auch in Fäden ziehen zu laſſen.

Das Flüſſigwerden der Körper hat nach Bacon ſeinen Grund in der Zurückhaltung der Geiſter, welche ſich in ſelbigen befinden. Hiernach werden alſo diejenigen Körper, in welchen dieſe Geiſter zahlreicher, feſter eingeſchloſſen, oder ruhiger ſind, in einem höhern Grade ſchmelzbar ſeyn. Diejenigen Körper hingegen, von welchen die Geiſter ſehr leicht entweichen, können nicht in den Zuſtand der Flüſſigkeit übergehen; denn dadurch würden ſich die gröbern Theile mehr zuſammenziehen, und die Körper dichter und compakter machen o).

Die

o) Hiſtoria naturalis, ſ. ſylva ſylvarum. Centur. VIII. exp. 839. ſqq. in opp. Francof. 1665. fol. p. 931. ſq.

Die flüſſigen Körper beſitzen eben ſo gut, wie die feſten, zwiſchen ihren Theilen ein Beſtreben nach Continuität, welche der Trennung widerſtehet. Dieß beweiſen nicht allein die Waſſerblaſen, in welchen die eingeſchloſſene Luft durch eine ſo erſtaunend feine Waſſerhaut zuſammen gehalten werde, ſondern auch ſelbſt die kugelförmige Geſtalt, welche die Theile der flüſſigen Körper in kleinen Maſſen annehmen [p]).

Galilei ſuchte den Zuſammenhang der körperlichen Theile der verſchiedenen Körper durch die Kraft der Leere zu erklären. Es iſt zu bewundern, daß ein ſo ſcharfſinniger Mann, wie Galilei war, den ſcholaſtiſchen Satz, daß die Natur den leeren Raum verabſcheue, noch behaupten konnte, und daraus das ſo wichtige Phänomen des Zuſammenhanges ableitete, da ihm ein Phänomen, welches weiter unten angeführt werden wird, ſo leicht von dem Ungrunde deſſelben zu überzeugen vermögend war. Allein man ſieht hier ein Beyſpiel, wie viel verjährte Vorurtheile ſelbſt bey den ſcharfſinnigſten Köpfen vermögen. Gleichwol war Galilei der erſte, der einen guten Grund über den Widerſtand der feſten Körper legte. Seine Unterſuchungen hierüber betreffen denjenigen Widerſtand, der aus der Feſtigkeit der Fibern entſtehet, und beziehen ſich auf das, was nachher Muſſchenbroek reſpektiven Zuſammenhang nannte. Er ſtellt eine Vergleichung zwiſchen der Kraft, welche erfordert wird, um ein Prisma oder einen Cylinder von Holz, der in einer Mauer horizontal ſteckt, nach einer auf der Länge deſſelben ſenkrechten Richtung zu zerbrechen, und derjenigen Kraft an, welche dieſe hölzernen Körper zerreiſſen werde, wenn ſie in der Richtung der Länge gezogen

p) Ebendaſ. Centur. I. exp. 24. p. 758.

zogen würden. (Es war alſo dieſe Vergleichung nach Muſſchenbroek's Ausdrücken eine Vergleichung zwiſchen dem reſpektiven und dem abſoluten Zuſammenhange der Körper). Wird nämlich der Balken (fig. 7.) ae nach ſeiner Theorie an der Grundfläche acbf feſt gemacht, und der Punkt g iſt der Schwerpunkt dieſer Grundfläche, ſo wird ſich die Kraft, welche bey p ſenkrecht auf pa wirkt, um den Balken zu zerbrechen, zu der Kraft, welche nöthig iſt, ihn der Länge ap nach zu zerreißen, wie gd : ap verhalten. Galilei ſchließt hieraus, daß der Widerſtand ähnlicher Körper gegen das Zerbrechen nicht ihren Maſſen oder Gewichten proportional iſt. Denn die Maſſen wachſen wie die Würfel ähnlich liegender Seiten; hingegen der Widerſtand nimmt nur wie die Quadrate dieſer Seiten zu, ſo daß es eine gewiſſe Grenze giebt, jenſeits welcher ein Körper durch das Hinzukommen eines noch ſo kleinen Stoßes zu ſeinem eigenen Gewichte, oder ſchon durch dieſes Gewicht ſelbſt brechen würde, da hingegen ein anderer kleinerer und ähnlicher ſeinem Gewichte und ſelbſt einem fremden Beſtreben, ihn zu zerbrechen, widerſteht. Daraus zieht Galilei den merkwürdigen Schluß, daß man die Feſtigkeit der Theile in Maſchinen nicht nach Modellen im Kleinen beurtheilen müſſe, indem die Maſchine durch ihr eigenes Gewicht zerbrechen könne, wenn gleich das Modell feſt ſtehe. Dieſerwegen, fügt Galilei hinzu, habe auch der Schöpfer keine Thiere erſchaffen, welche ſo groß ſind, daß ſie dergleichen Unglücksfällen unterworfen ſeyn könnten, und auſſerdem habe er diejenigen, welche eine beträchtliche Größe beſitzen, in eine Flüſſigkeit verſetzt, die ihr Gewicht zum Theil vermindere. Auch liege hierinn der Grund, warum kleine Inſekten oft von ſo beträchtlichen Höhen herab-

herabfallen könnten, ohne ihre Glieder zu beſchädigen, da ſich hingegen der Menſch durch einen Fall von einer Höhe, welche die Länge ſeines Körpers nicht überſchreite, oftmals beſchädige. Eine andere merkwürdige Folge iſt dieſe, daß ein hohler Cylinder dem Bruche ſtärker widerſteht, als ein maſſiver von gleicher Grundfläche. Aus dieſer Urſache habe ohne Zweifel die Natur die Knochen der Thiere, die Federn der Vögel und die Stengel mehrerer Pflanzen hohl gebildet.

Dieſe angeführte Regel des Galilei würde ihre völlige Richtigkeit haben, wenn die Vorausſetzung, auf welche ſie ſich gründet, daß alle Fibern des Körpers in der Ebene des Bruchs acbf gleich ſtark widerſtehen, und zugleich aus einander reißen, richtig wäre. Dieſes hat aber in der Natur nie völlig genau ſtatt. Indeſſen wird der Erfolg in der Anwendung damit deſto genauer übereinſtimmen, je feſter die Körper, und je weniger ſie biegſam ſind, dahin das Glas und die meiſten Steinarten gehören.

Ueberdem bemerkt auch noch Galilei, daß die Luft ſelbſt ein Hinderniß der Bewegung der von einer Höhe frey herabfallenden Körper ſey, und daß eben daher Körper von verſchiedener Dichte nicht binnen einerley Zeit von einerley Höhe herabfielen. Ja der Widerſtand der Luft ſey ebenfalls eine Urſache mit, daß das frey ſchwingende Pendel nicht ganz wieder zu der Höhe kommen kann, von welcher es herabgefallen ſey, und daß es endlich einmal zur Ruhe komme, da es ſonſt beſtändig fortſchwingen müßte.

Bewegung überhaupt.

Ohne Bewegung würde die Natur todt ſeyn, erſt durch dieſe entſteht Leben und wirklicher Zuſammenhang

hang des Ganzen. Ohne Zweifel konnte es daher gar nicht fehlen, daß man ſich von der Bewegung der Körper überhaupt gar bald Begriffe zu bilden ſuchte, wozu beſonders die ſo ſehr in die Augen fallenden gröſſern Himmelskörper hinlängliche Veranlaſſung gaben. Man darf ſich aber keinesweges wundern, daß die erſten Vorſtellungen über die Bewegung überhaupt noch ſehr unvollkommen waren, indem es wohl keine Erſcheinung giebt, bey der man ſich mehr täuſchen könnte, als bey der Bewegung. Ueberdem waren mehrere richtig angeſtellte Verſuche und Beobachtungen nöthig, um dieſe Lehre überzeugender beurtheilen zu können, wozu nothwendig, wie es dem langſamen natürlichen Gange völlig gemäß iſt, eine geraume Zeit erfordert wurde. Ja es war bereits eine große Reihe von Jahrhunderten verfloſſen, und man behauptete noch die ſeltſamſten Irrthümer in Abſicht auf die Geſetze der Bewegung. Die Scholaſtiker waren blinde Anbeter des Ariſtoteles, commentirten über deſſen Quäſtionen, und glaubten, die bewegten Körper würden durch die hinter ihnen zuſammenfahrende Luft fortgetrieben. Selbſt diejenigen, welche als Neuerer der Phyſik auftraten, machten ſich widerſprechende Vorſtellungen von den Bewegungen, theilten ſie in natürliche und gewaltſame ein, und verſtanden unter der erſtern die kreisförmige und unter der andern die geradlinichte Bewegung wie z. B. Copernicus. Sie ſuchten ſogar hieraus gegen den Ptolemäus die copernicaniſche Weltordnung zu beweiſen.

Selbſt Bacon von Verulamio, welcher ſich um die Verbeſſerung der Naturlehre ſo verdient gemacht hat, führt eine Menge von Arten der Bewegung an, welche von gar keiner Erheblichkeit ſind.

Es

Es iſt nöthig, ſie kürzlich hier anzuführen, um ſich in den wahren Zuſtand verſetzt zu ſehen, worinn auch die Lehre von der Bewegung damals ſich befand. Es ſind nämlich nach ihm dieſe Arten folgende:

1) Diejenige Bewegung, welche der Materie als Materie und einem jeden Theile derſelben zukommt, und welche nicht verſtattet, daß eine andere Materie zugleich mit jener den nämlichen Ort einnehmen kann. Sie iſt alſo gleichſam als Bewegung der Undurchdringlichkeit der Materie zu betrachten. Nach Bacon's Vorſtellung beruhet es auf dieſer Bewegung, daß keine Materie in Nichts verwandelt werden könne.

2) Die Bewegung des Zuſammenhanges (nexus), oder diejenige Bewegung, welche die Scholaſtiker wegen des Abſcheues der Natur für den leeren Raum annahmen, wie z. B. die Bewegung des Waſſers in ſaugenden Röhren.

3) Die Bewegung der Freyheit, wodurch die Körper ein Beſtreben beſitzen, ſich bey ſtarken Zuſammenpreſſungen oder Ausdehnungen in ihren vorigen Zuſtand wieder zu verſetzen.

4) Diejenige Bewegung, vermöge welcher ſich gewiſſe Körper beſtreben nach Nachlaſſung der auf ſie wirkenden Urſache einen größern oder geringern Raum einzunehmen, wie z. B. die Luft des entzündeten Schießpulvers.

5) Die Bewegung der Continuität der körperlichen Theile, wie z. B. bey der Formirung der Waſſertropfen.

6) Die Bewegung nach Gewinn oder die Bewegung des Bedürfniſſes, indem nämlich ein Körper den andern verläßt, um ſich mit einem andern zu vereini-

einigen; ſo ſteigt z. B. in einem Schwamme oder in einem Stücke Zucker das Waſſer auf, indem aus den Poren derſelben die Luft entweicht.

7) Die Bewegung der größern Anſammlung (congregationis), wodurch ſich Körper nach Maſſen von eben der Natur hinbewegen, wie z. B. ſchwere Körper gegen die Erde, leichte Körper gegen den Himmel u. ſ. f.

8) Die Bewegung der kleinern Anſammlung, wodurch die homogenen Theile in einem Körper ſich von den heterogenen trennen, um ſich mit einander zu verbinden, wie z. B. der Rahm in der Milch, die Hefen und der Weinſtein im Weine u. ſ. f. Hiebey bemerkt aber Bacon, daß dieſe Bewegung auf dreyerley Weiſe gehemmt werden könne; nämlich durch Trägheit der Körper, durch Zähmung eines andern überlegenen Körpers, wie z. B. durch die Lebensgeiſter im Blute, welche die Gerinnung deſſelben hindern, und endlich durch eine äuſſere Bewegung, dergleichen die Bewegung der Luft iſt, die der Fäulniß widerſteht.

9) Die Bewegung des Magnetismus, welche ſich auch ſchon in der Ferne äuſſert.

10) Die Bewegung der Flucht, wodurch Körper vermöge einer gewiſſen Antipathie fliehen, und ſich daher von einander abſondern, wie z. B. bey den Niederſchlagungen.

11) Die Bewegung der Verähnlichung oder der Vervielfältigung. So vermehrt ſich die Luft über dem Waſſer, und erzeugt neue Luft.

12) Die Bewegung der Erregung, welche beſonders bey ſtärkern Gährungen und beym ſtärkern Magnetismus ſtatt findet.

13)

13) Die Bewegung des Eindrucks, welche aber ſogleich wegfällt, ſobald die bewegende Urſache aufhört, wie z. B. beym Schalle.

14) Die Bewegung der Lage. Dahin gehört die Neigung des Magnets.

15) Die Bewegung des Durchganges, wie z. B. des Lichtes durch verſchiedene Mittel.

16) Die Bewegung der Gewalt oder diejenige Bewegung, welche einer andern überlegen iſt, und dieſelbe vernichtet.

17) Die Umdrehungsbewegung, wie z. B. die kreisförmige Bewegung eines Körpers, oder die Bewegung eines Körpers um ſeine Axe.

18) Die vom Zittern herrührende Bewegung.

19) Endlich diejenige Bewegung, welche kaum den Nahmen einer Bewegung verdient, und gleichwol wirklich eine Bewegung iſt, die Bacon die Bewegung des Abſcheues nach Bewegung nennt. Durch dieſe Bewegung hat unſere Erde in Anſehung ihrer ungeheuern Maſſe Feſtigkeit und gewiſſen Stand, obgleich wirkliche Bewegungen auf ihrer Oberfläche erfolgen.

Es iſt zu bewundern, daß Bacon, als ein ſonſt wirklich ſcharfſinnig denkender Mann, dem auch ſchon Galilei's Entdeckungen nicht ganz unbekannt waren, dergleichen Arten von Bewegungen, welche größtentheils von gar keinem Werthe ſind, vortragen konnte[q]).

Richtiger ſcheint Bacon das Geſetz der Trägheit der Körper anzugeben, wiewol auch noch unvollkom-

q) De interpretatione naturae li. II. in opp. Francof. 1665. fol. p. 394. ſqq.

kommen. Nachdem er nämlich anführt, daß ein ſchwerer Körper, welcher einmal in Bewegung verſetzt ſey, leichter fortgetrieben werden könne, als wenn er noch ruhe, ſo ſucht er hievon die Urſache zum Theil darinn, daß durch die Bewegung die Trägheit des Körpers, welche in einem natürlichen Beſtreben nach Ruhe beſtehe, wegfalle. Er ſagt zum Theil, weil auch ein noch ruhender Körper vermöge ſeines Widerſtandes eine ſtärkere Zuſammendrückung ſeiner Theile erleide, als dieſe im natürlichen Zuſtande des Körpers beſitzen; daher der ruhende Körper eine größere Anwendung der Kraft zur Bewegung erfordere, als der ſchon bewegte. Als Beweis dieſer letzten Urſache führet er an, daß ſich ein an einem Faden aufgehangener ſchwerer Körper eben ſo leicht bewegen laſſe, wie ein wirklich ſchon bewegter. — Allein Bacon wußte nicht, daß die Leichtigkeit einer ſolchen Bewegung vom mechaniſchen Momente abhange. —

Uebrigens kannte Bacon kein anderes Naturgeſetz der Bewegung. Denn wenn er erklären will, warum ein ſehr großer oder ſehr kleiner Körper ſich nicht ſo weit, als ein Körper von mittlerer Größe, fortwerfen laſſe, ſo meint er, die Kraft, welche den Körper in Bewegung verſetze, ſcheine nach dem Verhältniſſe des bewegten Körpers abgemeſſen werden zu müſſen, indem nicht allein von Seiten desjenigen Körpers, welcher einen andern zur Bewegung anzutreiben ſtrebe, eine Kraft, ſondern auch von Seiten des zu bewegenden Körpers ein Widerſtand erfordert werde; ein Körper von beträchtlicher Maſſe aber weiche wegen ſeiner Trägheit zu langſam aus, und ein ſehr kleiner Körper widerſtehe nicht hinlänglich. Ferner führt er an, es ſey allgemein bekannt, daß ein Körper wel-

cher auf einem andern ruhe, vermöge ſeines Gewichtes eine geringere Wirkung äuſſere, als durch den Fall oder den Stoß. Vielleicht, meint er, trage die Luft bey der Wirkung des Stoßes etwas bey; jedoch ſcheine ihm aber die eigentliche Urſache dieſe zu ſeyn: die Theile des durch den Stoß oder durch die Schwere bewegten Körpers erlitten auf der Seite, wohin ſie ſich bewegten, eine ſtärkere Zuſammendrückung, und überdem erfolge der Stoß des bewegten Körpers ſchneller, als der geſtoßene Körper Widerſtand leiſte; daher müſſe nothwendig die Wirkung des Falles oder des Stoßes größer, als die durchs bloße Gewicht ſeyn r). — Dieſe Stellen beweiſen deutlich genug, daß Bacon weder von der Schwere, noch vom Drucke, noch vom Stoße, noch von irgend einer bewegenden Kraft einen richtigen Begriff hatte, und daß ihm folglich alle Geſetze der Bewegung unbekannt waren.

Erſt durch Galilei's Entdeckungen von der Bewegung des freyen Falles der Körper mittelſt der Schwere erhielt die Lehre von der Bewegung eine ganz andere Geſtalt. Galilei erkannte, daß die Schwere auf die Körper beym freyen Falle ſtetig und unaufhörlich wirke, und mußte daher nothwendig die Schwere als wirkende Urſache d. i. als bewegende Kraft der Bewegung der frey herabfallenden Körper betrachten, ob er ſich gleich um die Urſache der Schwere nicht weiter bekümmerte. Daraus beſtimmte er zuerſt den richtigen Begriff der gleichförmig beſchleunigten und zugleich den der gleichförmig abnehmenden Bewegung, weil

r) Sylva ſylvarum ſ. hiſtoria naturalis. Centur. VIII. nro. 763-765. in opp. Francof. 1665. fol. pag. 911.

weil er ebenfalls wußte, daß ein Körper, welcher ſenkrecht in die Höhe geworfen, oder auch auf einer ſchieſen Ebene hinaufzuſteigen genöthiget werde, in ſeiner Bewegung nach eben den Geſetzen abnahm, nach welchen der frey herabfallende oder von der ſchiefen Ebene herabrollende Körper zunahm. Dieſe Geſetze ſind bereits unter dem Artikel (Schwere, Gravitation und Fall der Körper) angeführt worden. Ueberhaupt behauptet er, daß gar keine Bewegung ohne Urſache erfolgen könne. Die Eintheilung der Bewegung in natürliche und gewaltſame widerlegt er, und behauptet mit Recht, daß Bewegung nur alsdenn wahrgenommen werde, wenn die Körper eine veränderte Lage gegen einander erlitten; welcher Körper oder welche Körper aber ſich hiebey wirklich bewegt hätten, dieß erhelle nicht ſo gerade zu, indem ſehr leicht Täuſchungen entſtehen könnten. Bewegten ſich hingegen alle Körper auf einerley Art, ſo würden wir gar keine Bewegung gewahr, es ſchiene vielmehr alles zu ruhen. Sobald ſich aber ein Körper wirklich bewege, ſo ſey ſein Weg, den er durchlaufe, eine gerade Linie, welche die Richtung ſeiner Bewegung anzeige. Bey der krummlinichten Bewegung werde die Richtung des bewegten Körpers alle Augenblicke geändert, und dieſe Richtung ſey an jeder Stelle der krummen Bahn die Tangente derſelben. Uebrigens ſetzt Galilei folgende richtige Bewegungsgeſetze feſt:

1) Ein jeder Körper, er ruhe oder bewege ſich, muß beſtändig in dieſem Zuſtande gleichförmig verbleiben, wofern er nicht durch eine Urſache aus demſelben gebracht wird.

2) Jede Veränderung in der Geſchwindigkeit und Richtung der Bewegung iſt der bewegenden Kraft pro-

proportional, und geſchiehet nach der Richtung dieſer Kraft.

3) Wenn zwey gleiche Kräfte auf einen Körper nach gerade entgegengeſetzten Richtungen zu gleicher Zeit wirken, ſo bringen ſie keine Bewegung hervor; mithin bleibt der Körper im Zuſtande der Ruhe.

4) Wenn hingegen zwey ungleiche Kräfte nach gerade entgegengeſetzter Richtung auf einen Körper zu gleicher Zeit wirkſam ſind, ſo erfolgt zwar eine Bewegung nach der Richtung der größern Kraft, aber mit dem Unterſchiede beyder Kräfte.

5) Wenn zwey Kräfte auf einen Körper zu gleicher Zeit ſo wirken, daß ihre Richtungen einen Winkel einſchließen, ſo durchläuſt der Körper die Diagonale eines Parallelogramms, deſſen Seitenlinien die Richtungen der beyden Kräfte vorſtellen, und zwar in der nämlichen Zeit, in welcher er die Seitenlinien des Parallelogramms durchlaufen wäre.

Alle dieſe Entdeckungen machte Galilei bereits gegen das Ende des 16ten Jahrhunderts, er machte ſie aber ſpäter in den oben angeführten mechaniſchen Abhandlungen bekannt.

Pendelbewegung.

Der erſte, welcher auf die Bewegung des Pendels aufmerkſam ward, war ebenfalls Galilei. In ſeiner frühen Jugend bewunderte er ſchon die gleichzeitigen Schwingungen verſchiedener in den Kirchengewölben gleich lang herabhängender Lampen, und beobachtete dabey zugleich, daß Pendeln von ungleicher Länge in einerley Zeit Schwingungen vollbrachten, deren Anzahl ſich umgekehrt, wie die Quadratzahlen der Längen verhielten. Hierdurch hatte er ein Mittel gefunden, die

Höhen der Kirchengewölbe zu meſſen, indem er die Schwingungen der Lampen zählte, und mit den gleichzeitigen Schwingungszahlen eines Pendels von bekannter Länge verglich. Dieſe Beobachtungen gaben ihm, wie ſchon oben bemerkt iſt, Veranlaſſung zur Entdeckung der Geſetze des freyen Falles der Körper. Obgleich nach Galilei erſt Huygens die Lehre vom Pendel ſo vortrefflich entwickelte, ſo ſind wir doch dem Galilei folgende Geſetze zu verdanken ſchuldig.

1) Die Pendel von gleicher Länge ſchwingen in gleichen Zeiten, wenn auch ihre Gewichte ungleich ſind. Denn ſolche Pendel ſind ganz im Falle zweyer Gewichte, welche auf gleich geneigten ſchiefen Flächen herabrollen. Vermöge dieſes Geſetzes beſtritt er den ſcholaſtiſchen Satz, daß das Gewicht auf die Beſchleunigung wirke.

2) Bey ungleich langen Pendeln verhalten ſich die Schwingungen wie die Quadratwurzeln aus den Längen derſelben, mithin verhalten ſich auch die Längen des Pendels wie die Quadratzahlen der Schwingungszeiten. Dieß Geſetz war eine ganz natürliche Folge ſeiner Theorie. Denn vermöge derſelben verhalten ſich die Zeiten des Falles auf einer ſchiefen Ebene, wie die Quadratwurzeln der Höhe; bey den Pendeln aber verhalten ſich die Höhen ähnlicher Bogen, wie ihre Halbmeſſer oder wie die Längen der Pendel, woraus folgt, daß ſich die Schwingungszeiten wie die Quadratwurzeln aus dieſen Längen verhalten.

3) Auch verhalten ſich die Längen der Pendel umgekehrt, wie die Quadrate der in gleicher Zeit zurückgelegten Schwingungszahlen; und

4) Die Schwingungszahlen in gleichen Zeiten verhalten ſich umgekehrt wie die Quadratwurzeln aus den Pendeln.

Uebrigens behauptete Galilei, daß das Pendel, welches einmal im Gange wäre, beſtändig fortſchwingen müſſe, wenn nicht andere Hinderniſſe vorhanden wären, die ſeine Bewegung verminderten; dergleichen wären aber allemal da, das Pendel möge in einem Mittel ſchwingen, in welchem es wolle. In der Luſt beſonders verurſache nicht allein das Gewicht des Fadens, an welchem der ſchwere Körper hienge, ſondern auch der Widerſtand der Luſt, daß das ſchwingende Pendel immer nach und nach kleinere Schwingungen mache, und dadurch endlich zur Ruhe komme.

Er ſahe zuletzt wohl ein, daß ſelbſt das Pendel ein vortreffliches Mittel zum Zeitmaaße abgeben könne, wozu er es auch wirklich gebrauchte; allein der einzige Umſtand, daß endlich einmal ſeine Bewegung aufhöre, veranlaßte ihn, keine beſondere Rückſicht weiter darauf zu nehmen. Dieſe wichtige Entdeckung war vielmehr Huygens vorbehalten, wie am gehörigen Orte angezeigt werden wird.

Wurfbewegung.

Von der Bahn, welche horizontal oder ſchief geworfene Körper durchlaufen, hatte man vor den Zeiten des Galilei ſehr unrichtige Begriffe. Man war in der Meynung, daß der erſte Theil des zurückgelegten Weges geradlinicht ſey, und daß überhaupt der ganze Weg mit dreyerley Bewegungen, der gewaltſamen, vermiſchten und natürlichen, vollendet werde. Solche Begriffe findet man ſelbſt noch beym Schwen-

ter [s]), welcher ſie doch richtiger hätte haben können. Im Jahre 1537 hatte ſchon Tartaglia entdeckt, daß die Bahn, welche eine gegen den Horizont unter dem Winkel von 45° abgeſchoſſene Kanonenkugel zurücklege, in allen ihren Theilen krummlinicht, und daß dieſer Schuß der weiteſte ſey. Nur wußte Tartaglia nicht zu beſtimmen, von welcher Natur dieſe krumme Linie wäre. Auch hier war es dem Galilei vorbehalten, dieſe Curve zu entdecken. Er behauptete mit Recht, daß die Bewegung, womit ein geworfener ſchwerer Körper fortgehe, gleichförmig und geradlinicht ſeyn würde, wenn die Schwere nicht auf ihn wirkte. Weil aber durch den augenblicklichen Einfluß der Schwere der geworfene Körper von ſeiner geradlinichten Bahn ſtetig und in jedem kleinſten Zeitmomente abgelenkt werde, ſo müſſe die eigentliche Bewegung deſſelben eine zuſammengeſetzte und krummlinichte ſeyn. Die Curve beſtimmt er vermöge der von ihm entdeckten Geſetze des freyen Falles der Körper auf folgende Art: es ſey nämlich die Richtung des Wurfs die horizontale (fig. 8.) ab. Dieſe theile man in gleiche beliebige Theile ad, de, eb u.ſ.f., welche der Körper, wenn die Schwere nicht auf ihn wirkte, in gleichen Zeiten durchlaufen würde. Allein in dem Augenblicke, da die Bewegung durch den Wurf ihren Anfang nimmt, ſinkt er vermöge der Schwere hinab. Nimmt man nun an, daß er in dem erſten Zeittheile, da er ohne Schwere den Weg ad gleichförmig durchlaufen würde, vermöge dieſer af hinabfalle, ſo wird er die Diagonale ak zurücklegen, und folglich nach Endigung des erſten Zeittheiles in k ſich befinden müſſen. Im andern

s) Mathematiſche Erquickſtunden. Nürnberg 1651. 4. Th. I. S. 427. f.

andern Zeittheile würde er nach der Richtung des Wurfs, wenn er nicht ſchwer wäre, um ki = de fortgerückt ſeyn; allein die Schwere würde ihn in dieſem zweyten Zeittheile allein um einen Weg herabtreiben, der dreymal größer wäre, als im erſten Zeittheile, mithin um kh = fg = 3af, folglich durchläuft er die Diagonale kl des Parallelogramms khli, und iſt nach Endigung des zweyten Zeittheiles in l angelangt. Im dritten Zeittheile würde er vermöge des Wurfs den Weg lo = eb zurücklegen; die Schwere treibt ihn aber durch den Raum lm = gc = 5af, und durchläuſt folglich die Diagonale ln des Parallelogramms lmno. Es iſt alſo der Körper nach Endigung dreyer Zeittheile die ſenkrechte Höhe ac = 9af herabgeſunken u. ſ. f. Weil aber die Schwere auf den bewegten Körper nicht allein in a, k, l u. ſ. f. ſondern in jedem Punkte ſeiner Bahn ſtetig wirkt, ſo machen auch die Diagonalen ak, kl, ln u. ſ. f. keine geraden, ſondern krumme Linien aus, und es iſt daher die durchlaufene Bahn keine gebrochene geradlinichte, ſondern eine wahre krummlinichte Bahn akln. Nimmt man nun ac für die Axe der krummen Linie, deren Abſciſſen af, ag, ac und die dazu gehörigen Applikaten fk, gl, cn u. ſ. f. ſind, ſo hat man vermöge der Conſtruction $af : ag = fk^2 : gl^2$ und $af : ac = fk^2 : cn^2$, oder die Abſciſſen verhalten ſich wie die Quadrate der Applikaten, welches die Eigenſchaften einer wahren Parabel ſind. Auf ſolche Art erwieß Galilei, daß die Bahn der geworfenen Körper eine Parabel ſey.

Geſetzt aber auch, die Richtung des Wurfs wäre nicht horizontal, ſondern eine jede andere nur nicht auf den Horizont ſenkrecht, ſo muß ebenfalls die Bahn

paraboliſch ſeyn, und zwar nicht allein beym Herabſinken, ſondern auch beym Hinaufſteigen. Wenn daher die Kraft, womit der Wurf geſchieht, bekannt iſt, ſo wie der Winkel der Richtung des Wurfs mit dem Horizonte, ſo läßt ſich dadurch nicht allein die größte Höhe, ſondern auch die Weite des Wurfs ſehr leicht beſtimmen. Galilei hat Tafeln dieſer Welten für alle Winkel, ſo wie der Höhen des Wurfs berechnet. Auch ſtellt er noch dieſen Satz feſt, daß eine Kanonenkugel von der Spitze eines Thurmes in horizontaler Richtung abgeſchoſſen eben ſo ſchnell die Erde erreiche, als eine andere, welche man von der Höhe derſelben Kanone frey herabfallen laſſe. Auch wußte Galilei ſchon, daß die Luft der Bewegung der geworfenen Körper widerſtehe; allein er glaubte, wie ſelbſt diejenigen, welche kurz nachher ſeine Theorie weiter entwickelten, daß dieſer Widerſtand unbeträchtlich ſey, ſo daß die Bahn von der paraboliſchen Geſtalt nicht merklich abweiche. — Bey geringen Wurfweiten wird freylich der Widerſtand der Luft gering, bey großen Weiten hingegen ſehr beträchtlich ſeyn, wie man nach der Zeit durch Verſuche gefunden hat, wovon am gehörigen Orte weiter geredet werden wird.

Gleichgewicht feſter Körper.

Es war allgemein bekannt, daß ſich zwey gleich große Gewichte an den Enden einer gleich dicken Stange, die ſich in der Mitte um einen Punkt drehen ließ, aufgehangen, das Gleichgewicht hielten. Wenigſtens giengen die meiſten Schriftſteller der Mechanik damaliger Zeit von dieſem Satze aus, und man weiß, daß dieß der erſte Grundſatz in der Lehre vom Hebel iſt. So verfuhr auch Guido Ubaldi, Marſcheſe del

Mon-

Monte [t]) als der erſte, welcher nach der Wiederherſtellung der Wiſſenſchaften die Statik mit ziemlichen Glücke bearbeitete. Seine ganze Unterſuchungen beziehen ſich auf die ſogenannten fünf mechaniſchen Potenzen des Pappus, dem Hebel, dem Rad an der Welle, der Scheibe, dem Keil und der Schraube, deren Lehren er ganz auf das Geſetz des Hebels zurückbrachte. So glücklich aber auch dieſe ſeine Theorie ausfiel, ſo hatte ſie doch in manchen Lehren ſichtbare Mängel, als z. B. in den Beweiſen des Hebels, des Keils und der Schraube. Daher haben einige die Geſetze des Keils und der Schraube lieber von den Eigenſchaften der ſchiefen Ebene abgeleitet, und dieſerwegen die ſchiefe Ebene ſelbſt als die ſechſte mechaniſche Potenz mit zur Statik gerechnet.

Das Geſetz des Hebels, auf welches Guido Ubaldi ſeine ganze Statik brachte, iſt dieſes: am geradlinichten mathematiſchen Hebel ſtehen ſenkrecht wirkende Kräfte im Gleichgewichte, wenn ſie ſich verkehrt wie ihre Entfernungen oder Abſtände vom Ruhepunkte verhalten. Dieſes Geſetz bewieß ſchon Archimedes aus der Lehre vom Schwerpunkte, und die mechaniſchen Schriftſteller damaliger Zeit haben dieſen archimediſchen Beweis beybehalten.

Noch glücklicher, als Guido Ubaldi, bearbeitete die Statik der holländiſche Mathematiker, Simon Stevin [u]). Dieſer fand das an wichtigen Folgen ſehr fruchtbare Geſetz des Gleichgewichtes für drey Kräfte, daß nämlich ein Körper von drey Kräften getrieben, welche ſich, wie die drey mit ihnen parallele Seiten eines Dreyecks, verhalten, ruhen [illegible] müſſe.

t) Mechanicorum libri VI. 1577.

u) Beghinſelen der Weghkonſt. Amſt. 1596. 4.

müſſe. Dieß Geſetz bewieß er auf folgende ſinnreiche Art: man ſoll ſich, ſagt er, um das ganze Dreyeck (fig. 9.) abc, deſſen eine Seitenlinie ac mit dem Horizonte parallel iſt, eine zuſammenhängende Kette von lauter gleich großen und gleich ſchweren Gliedern gelegt vorſtellen. Wenn ſich nun dieſe nicht das Gleichgewicht hielten, ſo würde der ſtärkere Theil den ſchwächern bewegen, woraus eine ewige Bewegung der Kette um das Dreyeck entſtehen würde. Da aber dieſes zu behaupten widerſinnig iſt, ſo müſſe man zugeben, daß Gewichte oder Kräfte, welche nach Seiten eines Dreyecks wirkten, wenn ſie ſich wie die Längen der Seiten verhielten, im Gleichgewichte wären. Aus dieſem Experimentalbeweis folgert Stevin, daß dieß Geſetz auch ſtatt finden müſſe, wenn auch die dritte Seitenlinie ac des Dreyecks acb mit dem Horizonte nicht parallel wäre. Obgleich Stevins Satz das nicht unmittelbar beweiſet, was er damit darthun wollte, indem er eigentlich nur zeigt, daß zwey Gewichte, welche auf den Seiten eines Dreyecks von wagrechter Grundlinie liegen, nur alsdenn im Gleichgewichte ſind, wenn ſie ſich zu einander verhalten, wie die Längen dieſer Seitenlinien, auf welchen ſie liegen: ſo gab er doch dadurch zuerſt die ſinnreiche Methode an, die Größe der Kräfte durch gerade mit ihrer Richtung parallel laufende Linien auszudrücken, welche beſonders bey der Lehre von der Zuſammenſetzung der Bewegung von ſo großem und ausgezeichnetem Nutzen iſt. Ueberdem leitete ihn dieſes Geſetz auf die wahren Eigenſchaften der ſchiefen Ebene. Wenn nämlich (fig. 10.) ac horizontal, cb darauf ſenkrecht und ba gezogen worden, ſo ſtellt ba die ſchiefe Ebene vor, deren Höhe ba iſt. Auf der ſchiefen Ebene liege eine ſchwere Kugel p, welche vermittelſt des Fadens pdq,

der bey b über eine Rolle geführt und am andern Ende mit dem Gewichte q beſchwert iſt, ſo befeſtiget worden, daß die Richtungslinie durch den Schwerpunkt der Kugel p in die Länge des Fadens pd fällt und mit der ſchiefen Ebene ab parallel iſt. Nun beweiſet Stevin aus ſeinem kurz zuvor angeführten Geſetze, daß beyde Gewichte p und q ſich alsdenn das Gleichgewicht halten, wenn ſich p : q = ab : bc oder wie die Länge der ſchiefen Ebene zu ihrer Höhe verhält. Sein Beweis iſt dieſer: druckt nämlich die Kugel p die ſchiefe Ebene nach der Richtung der Schwere pm, und po iſt ſenkrecht auf der ſchiefen Ebene, ſo iſt der Winkel mpo dem Winkel a, welchen die Horizontallinie ac mit der ſchiefen Ebene ab macht, gleich. Zieht man nun noch on mit pm parallel, ſo ſind die drey Seiten des Dreyecks pon gleichlaufend mit den Richtungen der Kraſt pd, der Laſt pm und des Widerſtandes der ſchiefen Ebene nach po. Im Falle des Gleichgewichtes werden ſich alſo dieſe drey Kräfte, wie die drey Seiten pn, no und po verhalten. Die Kraft nach der Richtung po wird wegen des Widerſtandes der Ebene gänzlich aufgehoben, mithin verhält ſich die Kraft q nach der Richtung pd zur Kraft, womit der Körper p von der ſchiefen Ebene herabſinken würde, wie pn : no. Wegen der Aehnlichkeit der Dreyecke opn und acb verhält ſich aber pn : no = cb : ab, mithin verhalten ſich auch jene Kräfte ſo.

Indeſſen fängt doch erſt die glänzende Epoche der Mechanik von den Zeiten des Galilei an. Durch die wichtigen Entdeckungen der Geſetze des freyen Falles der Körper ward der erſte Grund zur höhern Mechanik gelegt, von welchen Galilei ſchon einige Lehren z. B. vom paraboliſchen Wege geworfener Körper, von

von der Pendelbewegung, vom Widerſtande feſter Körper u. ſ. f. weiter entwickelte. Die Unterſuchungen, welche Galilei über die mechaniſchen Potenzen des Pappus anſtellte, haben ſehr viele Aehnlichkeit mit den von Stevin, ohne jedoch dieſen ſelbſt geleſen zu haben. Auch lehrt er zuerſt den Satz, daß einerley Kraft ſtets einerley Zeit braucht, um eine gegebene Laſt durch einerley Raum zu führen, und daß daher bey allen Maſchinen eben ſo viel an Raum oder Zeit verlohren gehet, als an Kraft gewonnen wird.

Gleichgewicht und Bewegung tropfbar flüſſiger Körper.

Die Unterſuchungen des Drucks und des Gleichgewichtes der flüſſigen Materien unter ſich ſind lange Zeit vernachläſſiget worden. Man begnügte ſich beynahe bis zu Ende des ſechszehnten Jahrhunderts mit den hydroſtatiſchen Sätzen des Archimedes, welche das Gleichgewicht flüſſiger Körper mit feſten betreffen. Der erſte, welcher einige wichtige Entdeckungen in Anſehung des Drucks gegen die Wände des Gefäßes machte, war Simon Stevin. Dieſer beweiſet nämlich, daß der Boden eines mit Waſſer angefüllten Gefäßes, von welcher Geſtalt es auch ſey, beſtändig gleichförmig von dieſem Waſſer gedruckt werde, ſo lange das Waſſer eine und dieſelbe Höhe, und der Boden eine und dieſelbe Weite beſitze. Es ſey vors erſte (fig. 11.) adcb ein mit Waſſer angefülltes parallelepipediſches Gefäß, deſſen Boden dc wagrecht iſt. Geſetzt nun, ein Theil ef des Bodens dc würde einen größern Druck ausſtehen müſſen, als das Gewicht der Waſſerſäule gefh betrüge, ſo müßte ſolches von dem Gewichte der angrenzenden Waſſerſäulen adeg und hfcb verurſacht werden. Verhielte ſich dies aber wirklich ſo, ſo könnte man mit eben dem

Rech=

Rechte behaupten, daß ſo wohl de als auch fc einen größern Druck leiden müßten, als das Gewicht der Waſſerſäulen adeg und hfcb betrüge. Daraus könne man aber die natürliche Folge ziehen, daß der Boden dc des ganzen Gefäßes ſtärker gedruckt werde, als das Gewicht der ganzen Waſſerſäule adcb ausmachte, welches eben ſo viel bedeute, als es ſey mehr Waſſer im Gefäße enthalten, als es wirklich faſſe. So etwas aber zu behaupten ſey thöricht; daher müſſe der Druck auf dc, ef und fc dem Gewichte der reſpektiven Waſſerſäulen dega, efgh und fcbh gleich ſeyn. Nun, ſagt er, ſtelle man ſich vor, es ſey (fig. 12.) ein mit dem Waſſer gleich ſchwerer feſter Körper ikfelm in dem im Gefäße adcb enthaltenen Waſſer ſo eingetaucht, daß ſeine untere Fläche ef den Theil ef des Bodens dc berühre, ſo werde der Erfolg noch wie vorhin ſeyn; der Theil ef nämlich müſſe einen Druck leiden, welcher dem Gewichte der Waſſerſäule gefh gleich wäre. Da nun ef nach angenommener Vorausſetzung aus ſeiner Lage nicht verruckt werde, ſo finde auch dieß noch ſtatt, wenn auch gleich ikfelm ein Gefäß von gleich ſchwerer Materie mit dem Waſſer wäre, das bis zum Waſſerſpiegel mit Waſſer angefüllt ſey. Ferner ſoll man ſich auf die nämliche Art den mit dem Waſſer gleich ſchweren feſten Körper (fig. 13.) ikfelm im Waſſer des Gefäßes adcb ſo vorſtellen, daß die Grundfläche ef mit dem Boden dc des Gefäßes parallel laufe. In einer ſolchen Lage nun könne der feſte Körper abermals auf keine Seite ausweichen; mithin müſſe auch die Fläche ef einen Druck leiden, welcher dem Gewichte der Waſſerſäule gefh gleich ſey. Der nämliche Erfolg habe aber auch ſtatt, wenn gleich ikfelm ein Gefäß mit Waſſer angefüllt wäre. Endlich,

lich, ſagt er, ſtelle man ſich noch den mit dem Waſſer gleich ſchweren Körper (fig. 14.) im Waſſer des Gefäßes adcb in einer ſolchen Lage vor, daß ef mit dc parallel ſey, ſo müſſe auch ef einen Druck leiden, welcher von dem Gewichte der Waſſerſäule gefh herrühre. Im Falle aber auch ikeflm ein Gefäß mit Waſſer angefüllt wäre, müſſe auch dieß im Waſſer des Gefäßes in eben der Lage bleiben, und folglich der Boden einen aufwärts gerichteten Druck ausſtehen, der dem Gewichte der Waſſerſäule gefh gleich ſey.

Dieſen hydroſtatiſchen Satz beſtätigt er auch auf eine ſinnreiche Art durch die Erfahrung. Er nimmt zwey Gefäße (fig. 15. 16.) von gleich großen Boden kl und dc, wovon letzteres cylindriſch, erſteres aber ſo beſchaffen iſt, daß das Waſſer darinn zu eben der Höhe, wie im erſtern, aber nur durch einen engen Kanal aufſteigt, durch welchen eine Schnur gehet, welche eine unten im Waſſer angebrachte hölzerne Scheibe op, die das im Boden kl eingeſchnittene runde Loch mn genau verſchließt, trägt, und mit dem äuſſern Ende am Arme einer Wage befeſtiget iſt. Auf die nämliche Art verſchließt auch in dem andern Gefäße adcb eine hölzerne Scheibe gh vom gleichen Gewichte ein eben ſo großes rundes Loch ef im Boden dc, ſo wie auch der Faden, welcher die Scheibe gh trägt, an dem Arme einer Wage befeſtiget iſt. Die Erfahrung lehrte Stevin, daß die Scheibe op von dem darüber ſtehenden Waſſer einen eben ſo großen Druck leide, als die Scheibe gh, indem die Gegengewichte t und ſ gleich ſeyn mußten, wenn ſich die Scheiben op und gh erheben ſollten.

Den Druck des Waſſers von unten nach oben beſtätigt Stevin durch folgenden Verſuch: er bringt eine bleyerne Platte an die Oeffnung einer Röhre, und taucht ſie ſo ſenkrecht unter Waſſer in Gefäßen. Die Platte fällt nicht herab, ſondern verſchließt vielmehr die Oeffnung mit einer Gewalt, welche dem Gewichte einer Waſſerſäule gleich iſt, deren Grundfläche mit der Fläche der Platte und deren Höhe mit der Waſſerhöhe im Gefäße von der Platte an gerechnet einerley iſt, wenn nämlich der Ueberſchuß des Gewichtes der Platte von dem Gewicht eines eben ſo großen Waſſervolumens abgezogen worden. Dieſer nämliche Apparat dient ihm die Gleichheit des Drucks einer Flüſſigkeit, wie groß auch die Menge derſelben ſey, zu beſtätigen, ſo lange ſich ihre Höhe nicht ändert. Er findet, daß beſtändig ein und die nämliche Gewalt erfordert wird, um mit dieſer Platte Gefäße von verſchiedener Geſtalt, mithin von verſchiedenem Inhalte zu verſchließen, wenn nur die Oeffnung oder der Boden und die Höhe derſelben unverändert bleiben.

Ferner erweiſet Stevin, daß das Waſſer gegen eine ebene Seitenfläche im Gefäße einen Druck ausübe, welcher dem Gewichte der Hälfte einer Waſſerſäule gleich ſey, die dieſe Seitenfläche zur Grundfläche und zur Höhe die Waſſerhöhe im Gefäße habe. Hieraus ſchließt er, daß bey gleichen Höhen ſich der Druck wie die Größe der ebenen Fläche verhalte.

Uebrigens zeigt auch ſchon Stevin durch ein Paar Erfahrungen, daß das Gleichgewicht des Waſſers in zweyen zuſammenhängenden Röhren von ungleichen Weiten nur alsdenn ſtatt finde, wenn das Waſſer in beyden Röhren in ein und eben derſelben horizontalen Fläche ſtehe. Wenn nämlich mit dem Bo-

den (fig. 17.) dc des Gefäßes efc eine enge Röhre abcd verbunden iſt, und es wird ſowohl das Gefäß als auch dieſe Röhre bis zu einerley horizontalen Fläche ag voll gefüllt, hierauf aber der Boden dc durchſtochen, ſo würde, ſagt Stevin, das Waſſer in der engen Röhe abcd über a hinauf ſteigen müſſen, wenn das Waſſer im Gefäße efc mehr vermöge, als in der engen Röhre; allein die Erfahrung lehre, daß weder in der engen Röhre noch im Gefäße eine Veränderung vorgehe, und daß folglich das Waſſer in der Röhre mit dem im Gefäße das Gleichgewicht halte. Zugleich folgert er noch daraus, daß der Druck des Waſſers in der engen Röhre gegen cd eben ſo groß ſey als der Gegendruck des im Gefäße ungleich größern Waſſervolumens. Es ſey ferner (fig. 18.) adcb ein Gefäß mit einem Loche ef im Boden. Dieſes Loch ſey durch einen darüber gelegten hölzernen Teller gh genau verſchloſſen, und das Gefäß alsdenn mit Waſſer voll gefüllt. Mit dem Loche ef werde die enge Röhre lki verbunden, und dieſelbe ebenfalls mit Waſſer bis zur nämlichen Horizontalfläche ab angefüllt. Hier, ſagt nun Stevin, werde das wenige Waſſer in der engen Röhre gegen den Teller gh einen eben ſo großen Druck von unten nach oben ausüben, als die große Menge Waſſer im Gefäße denſelben Teller von oben nach unten drucke, denn ſobald nur etwas weniges Waſſer über der Horizontalfläche ib in der engen Röhre noch hinzugeſchüttet würde, ſo erhebe ſich auch der Teller gh über dem Loche ef, und das Gleichgewicht finde nicht mehr ſtatt. Auf ſolche Art, fügt Stevin noch hinzu, könne Ein Pfund Waſſer, das die enge Röhre enthalte, gegen den Teller gh weit mehr wirken, als wohl 100000 Pfund, das im Gefäße adcb ſich befände; man

könne

könne dieß ein wahres Geheimniß der Natur nennen, wenn die Urſache davon unbekannt wäre.

In Anſehung des Gleichgewichtes flüſſiger Körper mit feſten beſtätigt Stevin den Satz des Archimedes, daß ein leichterer Körper ſich ſo weit in das Waſſer einſenke, bis der eingetauchte Theil den Raum von einer Menge Waſſers einnehme, welches gerade ſo viel wiegt, als der feſte Körper. Hieraus ſchließt er, daß der eingetauchte Theil deſſelben Körpers in einer ſchwerern Flüſſigkeit geringer, als in der leichtern ſeyn werde, und daß ſich überhaupt die Größen der eingetauchten Theile des nämlichen Körpers zu einander verhalten, wie die ſpecifiſchen Gewichte beyder Flüſſigkeiten. Auſſerdem leitet er daraus noch dieſen Satz ab, daß ein jeder feſter Körper im Waſſer weniger, als in der Luft wiege [x]).

Ueber die ſehr verwickelte Lehre von den Stellungen und der Standhaftigkeit ſchwimmender Körper fieng auch ſchon Stevin einige Betrachtungen anzuſtellen an. Er beweiſet zuerſt, daß der Schwerpunkt des ſchwimmenden Körpers mit dem eingebildeten Schwerpunkte des Waſſers, welches den Raum des eingetauchten Theils des ſchwimmenden Körpers ausfüllen würde, in der Richtung der Schwere durch dieſen Schwerpunkt liegen müſſe. Hieraus leitet er zunächſt den Satz ab, daß der ſchwimmende Körper deſto ſicherer und ſtandhafter auf dem Waſſer ſtehe, je tiefer ſein Schwerpunkt unter letzteren eingebildeten Schwerpunkte liege, und daß er umfallen müſſe, wenn jener über dieſem ſich befinde [y]).

Daß

x) Traité de la hydroſtatique in den oeuvres. Vol. II. p. 484. u. f.

y) Traité des aerobariques, ebendaſ. p. 512.

Daß ſich auch Flüſſigkeiten von verſchiedenen Gewichten, welche mit einander vermiſcht worden, und ſich nicht gegenſeitig auflöſen, von einander abſondern, zeigt ſchon Bacon von Verulamio durch folgenden Verſuch: man ſtürze, ſagt er, ein weitbauchiges und langhalſiges Gefäß, welches zum Theil mit Waſſer gefüllt iſt, in ein anderes um, welches eine Miſchung von rothem Weine und Waſſer enthält, ſo wird man ſehen, daß ſich der Wein nach und nach in das umgeſtürzte Gefäß hinaufzieht, und die oberſte Stelle einnimmt. Uebrigens thut er noch den Vorſchlag, denſelben Verſuch mit andern Miſchungen anzuſtellen [z]).

Auſſer Stevin haben auch Marino Ghetaldi [a]), und Galilei [b]) zu den hydroſtatiſchen Sätzen des Archimedes noch einiges hinzugefügt. Galilei folgert daraus, daß das Waſſer in einer langen und engen Röhre, welches ſich einem ſehr weiten Gefäße, mit dem ſie in Verbindung ſteht, gleichlaufend erhebt, deſto höher ſteigt, wenn ſich das Waſſer im Gefäße ſenkt, je kleiner ihr Durchmeſſer iſt, daß eine ſehr kleine Kraſt einer unendlich großen das Gleichgewicht halten könne.

Was die Bewegung der flüſſigen Materien betrifft, ſo konnte das allgemeine Phänomen, daß das Waſſer ſtets nach der niedrigſten Stelle fließt, nicht aller

z) Sylva ſylvarum ſ. hiſtoria naturalis in opp. Francoſ. 1665. fol. centur. I. no. 14. p. 755.

a) Archimedes promotus. Romae 1603.

b) Diſcorſo intorno alla coſe, che ſtanno ſu l'acqua o che in quella ſi muovono, Opere di *Galileo Galilei.* Firenze 1718. 4. T. I. p. 221.

aller Aufmerkſamkeit entgehen. Sie mußten daher dem Waſſer eben ſo wohl, wie den feſten Körpern, eine Schwere zueignen, welche verurſacht, daß alle Körper, wenn ihnen kein Hinderniß entgegen iſt, die niedrigſte Stelle ſuchen, ob ſie gleich ſelbſt von der Schwere noch keinen richtigen Begriff hatten. Allein es waren ihnen auch noch andere Bewegungen der flüſſigen Materien bekannt, die ihre Aufmerkſamkeit noch mehr reizen mußten, indem das Waſſer unter gewiſſen Umſtänden ſich nach allen möglichen Richtungen hin bewegte. So hatte ihnen die Beobachtung, daß das Waſſer in luftdichten Röhren in die Höhe ſteige, wenn das eine offene Ende im Waſſer iſt, und an dem andern geſaugt wird, veranlaßt, Saugpumpen und mehrere andere die Aufmerkſamkeit erregende Maſchinen zu verfertigen, welche beſonders Heron zu Alexandrien des Cteſibius Schüler in einer eigenen Schrift [c]) geſammlet hat. Die Urſache dieſer Wirkung aber war ihnen gänzlich unbekannt. — Meiſtens beruht ſie auf dem Drucke und den übrigen Eigenſchaften der Luft. — Man dachte aber damals noch nicht an den Druck der Luft, ſondern leitete ſie vielmehr aus der Vermeidung des leeren Raums her. Selbſt Galilei nimmt noch den Abſcheu der Natur gegen den leeren Raum an. Er entdeckte zwar, daß das Waſſer in den Saugpumpen nie höher als etwa 32 Fuß gehoben werden könne; allein dieſe Entdeckung führte ihn nur ſo weit, daß er den Abſcheu gegen die Leere gewiſſe Grenzen ſetzte. Die Veranlaſſung zu dieſer Entdeckung gab ihm ein Florentiniſcher Gärtner, wel-

c) Πνευματικῶν ſ. ſpiritalium liber ed. a Commandino. Pariſ. 1575. 4.

welcher ſich eine Saugpumpe über 18 Florentiniſche Ellen hoch verfertiget hatte. Da nun dieſer das Waſſer darinn nicht höher als bis auf 18 Ellen bringen konnte, ungeachtet noch über dem Waſſer in der Röhre ein luftleerer Raum war, ſo befragte er ſich darum beym Galilei, welcher ſonſt an der Pumpe weiter keinen Fehler entdeckte. Daher glaubte auch nachher Galilei, daß ein luftleerer Raum möglich ſey, und verfiel ſelbſt darauf, einen luftleeren Raum vermittelſt eines hohlen und umgekehrten Cylinders zu bilden, deſſen Stempel er mit ſo viel Gewicht beſchwerte, daß er ſich vom Boden entfernen oder zurückziehen mußte. Aber er giebt dieß für eine Methode aus, die Kraft der Leere d. i. die Größe oder Grenze des Abſcheues gegen die Leere zu meſſen, und machte eben hievon Gebrauch, den Zuſammmenhang der körperlichen Theile zu erklären. Indeſſen kannte doch Galilei die Schwere der Luft, und lehrt ſogar in den Dialogen zwey Methoden, ſie zu beweiſen, ſo daß es wirklich zu bewundern iſt, daß er den letzten Schritt verfehlen konnte, welcher ihm noch zur wahren Erklärung des Saugens übrig blieb.

Auch von der Wirkung der Heber hatten die Alten bey Anordnung kleiner Springbrunnen ſehr vielen Gebrauch gemacht, dieſelbe aber eben ſo, wie das Saugen der Pumpen erklärt. Johann Baptiſta Porta [d]) thut den Vorſchlag, das Waſſer durch einen Heber über Berge zu heben. Um nun dieſen erſt zu füllen, gab er an, daß die beyden Oeffnungen Hähne, ſo wie der oberſte Theil einen Hahn und Trichter beſitzen müßten. Die beyden Hähne an den Oeffnungen

d) Pnevmaticorum libri III. Neap. 1601. 4. Lib. III. cap. I.

gen würden Anfangs verſchloſſen, und hiernächſt der Heber durch den obern Trichter gefüllt; hierauf würde dieſer obere Trichter verſchloſſen, und die Hähne an beyden Enden geöffnet. Nachher hat Schwenter in ſeinen mathematiſchen Erquickungsſtunden dieſen Vorſchlag wiederholt. Beyde aber Porta und Schwenter hatten von der Wirkung der Heber überhaupt noch keinen richtigen Begriff, indem ſie ſelbige eben ſo, wie die Alten, erklärten; auch wußten ſie nicht, daß der Berg keine größere Höhe als höchſtens 32 Fuß beſitzen dürfe, wiewol alles dieß Schwenter hätte richtiger wiſſen können.

Einige Anwendungen der bekannten hydroſtatiſchen Geſetze beſonders auf Beſtimmung des Gehalts am Salze in den Solen und der eigenthümlichen Gewichte verſchiedener Körper hatten auch ſchon die Alten gemacht. Unter den Deutſchen ſcheint beſonders der Gebrauch der ſogenannten Aräometer zu Salzproben ziemlich alt zu ſeyn. Leupold [e]) führt an, daß Thölden in ſeiner 1603 herausgekommenen Halographie einer Salzſpindel, welche aus einem hölzernen Cylinder, unten zugeſpitzt, und mit Bley ausgegoſſen, beſtanden habe, als einer längſt bekannten Sache gedenke. In den neuern Zeiten ſind freylich die Aräometer mehr vervollkommnet, und beſonders zweyerley Arten derſelben angegeben worden, die aber in dieſe Epoche noch nicht gehören.

Eine Tafel über die eigenthümlichen Gewichte verſchiedener Körper führt auch ſchon Marinus Ghetaldi [f]) an.

Noch

e) Theatrum ſtaticum univerſ. P. II. cap. 6.

f) Archimedes promotus. Romae 1603. 4.

Noch eine andere ſehr merkwürdige Anwendung eigenthümlicher Gewichte verſchiedener Körper bey ihrer Vermiſchung hatten die Alten bereits ebenfalls gemacht. Dahin gehört beſonders das berühmte archimediſche Problem: es iſt nämlich das eigenthümliche Gewicht nebſt dem abſoluten Gewichte einer Miſchung aus zweyen verſchiedenen Materien von bekannten eigenthümlichen Gewichten gegeben, man ſoll finden, wie viel von jeder Materie dem Gewichte nach in der Miſchung enthalten ſey. Die Veranlaſſung zur Auflöſung dieſes Problems ſoll nach Vitruv's Erzählung dieſe geweſen ſeyn: Der König Hiero von Syrakus ließ ſich von einen Goldſchmidt eine goldene Krone verfertigen, da dieſer nun in Verdacht kam, geringeres Gold dazu genommen zu haben; ſo trug der König dem Archimedes auf, zu unterſuchen, ob dieſer ſein Verdacht gegründet ſey. Dieſer ſoll nun auf die Auflöſung dieſer Aufgabe durchs Baden ſeines Körpers gekommen ſeyn, indem er bemerkte, daß er im Waſſer leichter geworden ſey. Es iſt möglich, daß die Erfindung dem Archimed zugehört, wiewol ſeine uns übrig gebliebenen Schriften nicht von unterſinkenden, ſondern nur von ſchwimmenden Körpern handeln. Bey der Auflöſung dieſes Problems muß nothwendig angenommen werden, daß der Raum, welchen die vermiſchte Maſſe einnimmt, gerade ſo groß als die Summe der Räume der vermiſchten Theile iſt. Ob aber dieſe Vorausſetzung durch die Vermiſchung zweyer Materien mit einander wirklich in der Natur ſtatt finde, iſt erſt in den Neuern Zeiten durch Verſuche ausgemacht worden.

Gleichgewicht und Bewegung der Luft.

Es giebt Wirkungen der Luft, welche ſo ſehr in die Augen fallen, daß man von ihrem wirklichen Daſeyn

ſeyn leicht überzeugt werden konnte. So lange man aber über die wirkliche Natur bloße Spekulationen anſtellte, und Verſuche und Beobachtungen dabey gänzlich vernachläſſigte, ſo blieben auch die wahren Eigenſchaften der Luft verborgen. Man hielt ſie für ein einfaches Weſen, welches, wie alle übrige körperlichen Stoffe, getheilt und bewegt werden könne: Und da man überhaupt alle Körper in ſchwere und leichte eintheilte, ſo glaubten die meiſten, daß die Luft ein leichter Körper ſey, nur einige wenige ſchrieben der Luft eine Schwere zu. Bacon von Verulamio war ſogar geneigt zu glauben, die Luft ſey weder ſchwer noch leicht, und gebe gleichſam einen Mittelkörper zwiſchen den ſchweren und leichten Körpern ab. Indeſſen giebt Bacon folgende Eigenſchaften der Luft an: daß ſie ſich merklich zuſammen preſſen laſſe, erhitzt ſich in einen größern Raum ausdehne und erkaltet ſich in einen engern Raum zuſammenziehe.

Wenn eine nicht allzuweite Röhre mit Waſſer vollgefüllt, und die obere Oeffnung derſelben mit einem Finger verſchloſſen wird, ſo fließt das Waſſer nicht heraus, wenn gleich die Röhre unten offen iſt. Sobald man aber den Finger von der Röhre wegnimmt, ſo fließt augenblicklich alles Waſſer aus. Die Urſache davon, daß das Waſſer in der Röhre zurückgehalten werde, wenn die obere Oeffnung durch den Finger verſchloſſen wird, leiteten die Scholaſtiker aus dem Abſcheu der Natur gegen den leeren Raum ab; ſie ſagten nämlich, die Materie des Waſſers ziehe ſich zuſammen, um den leeren Raum zu vermeiden, welcher in der Röhre entſtehen würde, wenn bey verſchloſſener Oeffnung das Waſſer ausliefe. Auf eben dieſe Art wurden noch eine weit größere Menge von Erſchei-

nungen, wohin beſonders die Wirkungen des Saugens und der Heber gehören, erkläret. Selbſt Galilei ſtimmte hierinn noch der Meynung der Scholaſtiker bey, ob er gleich die Schwere der Luft, und unter den Umſtänden, welche unter dem Artikel Gleichgewicht und Bewegung tropfbar flüſſiger Körper angegeben ſind, der wahren Urſache ſo nahe war, beſonders da er an einer Stelle in ſeinen Dialogen zu erkennen giebt, daß auſſer der Vermeidung des leeren Raumes noch eine andere Urſache vorhanden ſeyn müſſe, welche das Waſſer in den Saugpumpen auf 32 Fuß Höhe erhalte. Galilei beweiſet die Schwere der Luſt beſonders daraus, daß eine hohle Kugel ſchwerer werde, wenn man mehr Luft in ſie hineinpreſſe. Dieſen Verſuch hatte auch Galilei mittelſt einer Sprite wirklich zu Stande gebracht, und giebt zugleich an, daß er die Luft 400 mal leichter, als eine eben ſo große Menge Waſſers gefunden habe. Auſſerdem thut er noch folgenden Vorſchlag, die Schwere der Luft kennen zu lernen; man ſolle zuerſt ein Gefäß mit der Luft darinn abwiegen, hierauf die Luft durch die Wärme austreiben, und das Gefäß abermals wiegen, und endlich ſolle man noch dieß nämliche Gefäß mit Waſſer anfüllen, und wiederum das Gewicht derſelben erforſchen; ſo würde die Vergleichung mit dem Gewichte des Waſſers und dem Unterſchiede der Gewichte des leeren und blos mit Luft angefüllten Gefäßes das Verhältniß der eigenthümlichen Gewichte beyder Flüſſigkeiten angeben.

Die wahre Urſache aller hieher gehörigen Phänomene entdeckten erſt des Galilei Schüler, wovon aber die Geſchichte in die folgende Epoche fällt.

Es

Es war bekannt, daß die Luft durch die Wärme in einen größern Raum ausgebreitet, und durch die Kälte in einen engern Raum zuſammengezogen werde. Dadurch entſtehen aber nothwendig Bewegungen der Luft, welche natürlich bald langſamer bald geſchwinder erfolgen müſſen, je nachdem die Erwärmung langſamer oder ſchneller und in niedrigern oder höhern Graden ſtatt findet. Dieſe vorzüglichen Urſachen der verſchiedenen Bewegung der Luft oder der Winde haben auch ſchon in den ältern Zeiten diejenigen angegeben, welche von den Winden geredet haben. Ein vorzüglich ſchönes Beyſpiel der Methode, geſammlete Erfahrungen zu ordnen, und von ihnen zur Entdeckung der phyſiſchen Geſetze und Urſachen fortzugehen, gab Bacon von Verulamio an der Lehre von den Winden [g]). Er handelt in derſelben von den allgemeinen, periodiſchen, und einem Lande oder einer Jahreszeit eigenthümlichen Winden, von den Gegenden des Himmels, woher ſie wehen, von ihren verſchiedenen Eigenſchaften, von ihrem örtlichen und zufälligen Urſprunge, von den auſſerordentlich und plötzlich entſtehenden Winden, von den Urſachen, die ſie verſtärken und ſchwächen, von ihren Grenzen in Rückſicht der Zeit und des Raumes, von ihrer Nacheinanderfolge; ihren Bewegungen, Wirkungen, ihren Vorherſagungen und von den verſchiedenen Methoden, ſie nachzuahmen.

Die allgemeinen Winde zwiſchen den Wendekreiſen leitet er davon ab, daß ſie nicht allein größere Kreiſe beſchreiben müßten, ſondern daß auch die Luft daſelbſt durch die Sonnenhitze ſtärker ausgedehnt werde, wodurch die Bewegung bemerkbarer ſey.

Was

g) Hiſtoria naturalis et experimentalis de ventis. in opp. Francof. 1665. fol. p. 439. ſqq.

Was die regelmäßigen Winde betrifft, ſo meinet Bacon, daß dieſe von den hohen Bergen zu der Zeit kommen, da der Schnee ſchmelzt, oder von denjenigen Orten, wo ſich viele Dünſte erzeugen. Merkwürdig ſey es aber, daß ſie nicht zur Nachtzeit, ſondern nur drey Stunden nach dem Aufgange der Sonne weheten und ſchwächer als alle andern Winde wären.

Die unregelmäßigen Winde wehen eher im Winter als im Sommer, am meiſten aber im Herbſt und Frühlinge; auch des Abends und Morgens ſind ſie häufiger und ſtärker, als zu Mittage und zur Nachtzeit; beſonders trifft man ſie häufig in denjenigen Ländern an, wo der Erdboden voller Hölungen und Spalten iſt.

Am häufigſten ſind die Nord- und Südwinde, jene des Abends und dieſe zur Nachtzeit; der Zephyr wehet vorzüglich in den Nachmittagsſtunden.

Die Seewinde ſind feuchter, reiner und ſtärker, als die Landwinde, und vermiſchen ſich leichter mit der Luft. Wenn die Seewinde mit den Landwinden zuſammen ſtoßen, ſo findet gleichſam eine Brechung und Ungleichheit zwiſchen ihnen ſtatt, welches einen Luftſtrom von der See nach dem feſten Lande und dann in der entgegengeſetzten Richtung erzeuget. Die nämliche Verſchiedenheit zwiſchen der Luft auf dem trocknen Lande und über dem Waſſer iſt die Urſache, daß man dergleichen Luftſtröme in der Nähe großer Flüſſe gewahr wird.

Ueber die Eigenſchaften der Winde, beſonders der Nord- und Südwinde führt Bacon folgendes an: wenn der Südwind heftig oder lange Zeit wehet, ſo macht er den Himmel trübe, im entgegengeſetzten Falle aber bleibt er heiter. Ueberhaupt verändert er

die

die Witterung, wenn er anfängt, oder aufhört. Der Nordwind hingegen läßt den Himmel oftmals ſo, wie er ihn gefunden hat, macht das Meer ſchwarz und dunkel, und vermiſcht ſich mit andern Winden. Wenn der Schnee lange Zeit gelegen hat, ſo wehet der Südwind allein, und giebt dem Meere ein blaues und glänzendes Anſehen. Ueberhaupt beruhet die Natur und die Eigenſchaft der Winde auf die Gegenwart oder Abweſenheit der Sonne; auf ihre Uebereinſtimmung mit der natürlichen Bewegung der Luft, oder ihrem Widerſtande gegen dieſelbe; auf die Verſchiedenheit der ſie erzeugenden Materien; auf den Himmelsſtrich, wo ſie hindurch gehen, und auf den Ort, woher ſie kommen. So entſpringt der Südwind aus den untern und der Nordwind aus den obern Gegenden. Er beweiſet durch mehrere Beyſpiele, daß die Winde bald von oben, bald von unten zu wehen anfangen. Sie entſtehen, wenn die Luft, welche ſich nach ſeiner Meynung aus dem Waſſer und der Auflöſung der Dünſte erzeuget, mit anderer Luft vereinigt wird, oder wenn ſich ein wenig Luft, die bereits bewegt iſt, mit der noch ruhenden verbindet. Wenn man, ſagt er, Achtung giebt, was für eine Menge von Dünſten vorhanden iſt, mit welcher Leichtigkeit ſie ſich in Luft auflöſen können, was für einen größern Raum ſie alsdenn einnehmen, und endlich mit welcher Leichtigkeit ſich die Luft zuſammen drucken läßt, ſo wird man ſich ſehr leicht überzeugen können, daß Winde von den untern Regionen der Atmoſphäre an bis in die höhern entſtehen müſſen. Hierbey erinnert er zugleich, daß die feuchten Dünſte ſchneller, als die trocknen, von dem Winde aufgelöſet werden.

Ferner führt Bacon an, daß diejenigen Winde, welche ſich am weiteſten erſtrecken, und die längſte

Zeit

Zeit dauern, auch die heftigſten ſind, und umgekehrt. Die regelmäßigen Winde bewegen ſich über eine große Strecke Landes; die Sturmwinde hingegen ſind von kurzer Dauer. Anhaltender und heftiger ſind ſie auf dem Meere, als auf dem feſten Lande. Wenn ſich der Wind des Morgens erhebt, ſo iſt er von längerer Dauer, als der des Abends anfängt. Ueberhaupt wachſen die Winde allmählich, hören aber plötzlich wieder auf, und die Bewegung derſelben findet nach allen möglichen Richtungen ſtatt.

Endlich bemerkt Bacon, daß alle Winde die Eigenſchaft beſitzen, mehr zu trocknen, als die Sonne, daß ſie die Luft reinigen, und daß gerade diejenigen Jahre die geſundeſten ſind, in welchen die Winde am häufigſten wehen.

Schwingende Bewegungen ſchallender und klingender Körper.

Die Lehre ſchallender und klingender Körper war bey den Alten noch ſehr unvollkommen, ob ſie gleich in der praktiſchen Muſik ziemliche Fortſchritte gemacht hatten, wobey ſie jedoch mehr auf Melodie als auf Harmonie Rückſicht nahmen. Nachdem erſt in Italien einige Lehrſtühle der Muſik errichtet wurden, fieng der venetianiſche gelehrte Tonkünſtler Giuſeppe Zarlino, der im Jahre 1599 geſtorben iſt, die Theorie der Muſik zu verbeſſern an, wobey er mehr auf harmoniſche Theilung, die auch ſeitdem allgemeinen Beyfall erhielt, Rückſicht nahm. Indeſſen blieb auch dieſe Theorie von der Vollkommenheit noch weit entfernt, und die Lehre vom Schalle überhaupt, welche beſonders in die Naturlehre gehört, war beynahe ganz vernachläſſigt. Der erſte, welcher auf Verbeſſerung dieſer Lehre dachte, war ebenfalls Bacon von Verula-

rula-

rulamio [g]). Der Schall eines Körpers geſchieht nach ihm entweder regelmäßig oder nicht; jenen nennt er einen Ton und dieſen einen Laut. Solche Körper nur, deren Theile und Poren regelmäßig geordnet ſind, können Töne erzeugen. Diejenigen Töne, welche aus Saiten entweder durch die Finger oder durch einen Bogen oder ſonſt auf eine Art zuwege gebracht werden, bilden ſich nicht zwiſchen den Saiten und den Fingern oder dem Bogen, ſondern zwiſchen den Saiten und der Luft.

Folgende drey Arten ſind nach Bacon tönende Körper: 1. die Metalle, worunter auch die Gläſer und ähnliche Körper mit begriffen ſind, 2. die Luft, und 3. das Waſſer. Bey den bloßen Lauten ſcheint die Luft großen Abänderungen unterworfen zu ſeyn; bey den Tönen aber muß ſie beſtändig gleichförmig bleiben, und ſie erleidet in dieſer Form nur in Rückſicht der Größe und der Feinheit Veränderungen. Er vergleicht das, was der Luft bey den Tönen wiederfährt, mit geometriſchen Figuren, welche Linien nach verſchiedenen Richtungen und nach beſtimmten Geſetzen gezogen einſchließen, und blos in Rückſicht ihrer Größe ſich von einander unterſcheiden.

Die Octave beſteht aus ſieben gleichen und ganzen Tönen, welche noch in Halbtöne getheilt dreyzehn ausmacht. Hierbey bemerkt Bacon, daß man nicht mit der Stimme eine Octave hinter einander durch halbe oder ganze Töne auf- oder abſteigen könne. Es erhelle daraus, daß die Natur nach drey ganzen Tönen einen Halbton dazwiſchen verlange, um Harmonie zu bewirken.

Unter

g) Sylva ſylvarum ſ. hiſtoria naturalis. Centur. II. in opp. Francof. fol. 1665. p. 782. ſqq.

Unter den Accorden ſey der Grundton und die Quinte der vollkommenſte, dann komme die Terze. Die Decime, Duodecime, Tredecime ſeyen nichts weiter als die Rückkehr der vorigen Accorde auf einer höhern Stufe.

In Anſehung der Diſſonanzen ſind die Sekunde und Septime dem Gehör am widrigſten; jene, weil ſie unmittelbar vor dem Einklange vorhergehet, und dieſe, weil ſie gleichfalls auf die Octave beym Herabſteigen folget. Daher erhelle, daß die Harmonie einen gehörigen Abſtand zwiſchen den Tönen erfordere.

Bacon unterſcheidet die örtliche Bewegung des Mittels, welche beſtändig zu Anfange eines Schalles ſtatt finde, von der Fortpflanzung deſſelben in dem nämlichen Mittel. Ohne dieſer örtlichen Bewegung könne zwar kein Schall entſtehen, ſie ſey aber nichts weiter als das Vehikel ſeiner Urſache, und werde weiter nicht bemerkt, als beym erſten Impuls. Wenn daher gleich ein ſchallender Körper nahe an einer Lichtflamme einen Schall von ſich gebe, ſo werde dieſe dadurch in keine zitternde Bewegung verſetzt. Das Mittel aber, in welchem ein Schall erfolge, brauche gerade nicht die Luft zu ſeyn, ſondern auch im Waſſer könne ein Schall entſtehen.

Die Vermehrung des Schalles erklärt er durch gerade Röhren (cornua venatoria), ſo wie auch durch diejenigen, welche trompetenförmig gebildet ſind. Er wünſcht, daß man Verſuche anſtellen möchte, wie ſehr der Schall in kreisförmige oder auf eine ſonſtige Weiſe gekrümmten Röhren abnehme.

Den Schall hört man des Nachts vernehmlicher und weiter als am Tage, weil er zu dieſer Zeit wegen

der

der dichtern Luft weniger zerſtreut würde, und mithin weniger von ihm verlohren gehe, als am Tage.

Die Stärke des Schalles hängt von der Stärke des Schlages ab, ſo wie die Klarheit und Feinheit deſſelben von der Härte des geſchlagenen Körpers.

Die tiefen Töne haben ihren Grund in der größern Menge erſchütterter Luft, die hohen aber in einer kleinern; ferner in der Langſamkeit und Schnelligkeit, womit die Luft erſchüttert wird. Dieß nimmt man an den Saiten wahr, welche um ſo höhere Töne von ſich geben, je mehr ſie geſpannt und je ſtärker ſie gedreht ſind. Um das Verhältniß der tiefen und hohen Töne kennen zu lernen, ſchlägt Bacon vor, daß man Röhren von zwey, drey, vier bis ſechs Oeffnungen nehme, und ihre Töne mit einander vergleiche.

Bacon bemerkt, daß ſich der Ton nicht verwirrt, er mag durch die engſte Spalte oder durch Waſſer hindurch gehen, oder auch durch den Wind bewegt werden, indem letzterer nichts weiter bewirke, als daß er ihn entweder weiter führe, oder ſeiner Fortpflanzung im Wege ſtehe. Nur eine ſehr große Entfernung könne ein Hinderniß ſeyn, die articulirten Töne zu unterſcheiden.

Ein jeder Schall erſtreckt ſich vom ſchallenden Körper nach allen möglichen Richtungen hin. Indeſſen iſt es nicht nöthig, daß er ſich in geraden Linien fortpflanzen müſſe, wiewol es ſeine Richtigkeit hat, daß der in gerader Linie fortgepflanzte Schall wegen der kürzeſten Diſtanz am ſtärkſten iſt.

Nach Bacon's Urtheile erfolgt Schlag und Schall in einem Augenblicke, ob er gleich nachher noch einige Zeit gehört wird. Man irre ſich, ſagt er, dieß

für ein Anhalten des Schalles zu halten, es ſey vielmehr eine wahre Erneuerung deſſelben; denn durch den Schlag werden die kleinſten Theilchen des ſchallenden Körpers in eine zitternde Bewegung gebracht, welche in jedem Augenblicke die den Körper umgebende Luft von neuem erſchüttern. Es erhelle dieß daraus offenbar, weil eine geſchlagene Glocke oder eine loßgelaſſene Saite mit der Hand berührt ſogleich zu tönen aufhöre.

Auch führt Bacon an, daß man die Geſchwindigkeit des Schalles unter andern mittelſt eines Geſchützes erfahren könne; es ſey nämlich aus den Beobachtungen bekannt, daß das Licht augenblicklich wahrgenommen werde; der Schall aber zur Fortpflanzung Zeit gebrauche; daher giebt er den Vorſchlag, daß jemand in einer beſtimmten Entfernung vom Geſchütze die Pulsſchläge zwiſchen dem geſehenen Blitz und dem Knalle zähle, um nachher die Anzahl der Pulsſchläge in Zeit zu verwandeln, und daraus die Geſchwindigkeit des Schalles abzuleiten.

Ferner bemerkt Bacon, daß ſich der Schall nicht allein in der Luft fortpflanze, ſondern auch durch andere ſelbſt feſte Körper hindurchgehe, nur würden hiebey die in ihnen enthaltenen Geiſter oder auch die luftigen Theile beſonders mitwirken. In der Luft erleide der Schall keine Aenderung, ſie möge auch beſchaffen ſeyn, wie ſie wolle.

Er erinnert, daß ſich zwey Schalle von einerley Klarheit nicht viel weiter hören laſſen, als ein einziger. Er vermuthet, daß dieß entweder daher rühre, weil der Unterſchied zwiſchen dem Stillſchweigen und dem erſten Schalle zu groß ſey, als daß der Zuſatz eines neuen Schalles noch merklich werden könne, oder

daher,

daher, weil die Luft einen zweyten Schall nicht ſo leicht aufnehme.

Noch führt Bacon an, daß auch der Schall von verſchiedenen Körpern zurückgeworfen werde, wodurch bey ſehr nahen Gegenſtänden ein verſtärkter Schall, bey entferntern aber das ſogenannte Echo entſtehe. Solle das Echo drey, vier, oder mehrere Sylben wiederholen, ſo werde auch dazu eine proportionirte Diſtanz erfordert. Bacon wußte aber noch nicht, daß die Reflexion des Schalles nach eben den Geſetzen erfolge, wie das Licht, ob er gleich dieß vermuthet, und daher den Schall mit dem Lichte auf eine ſinnreiche Art vergleichet. — So weit Bacon. —

Auf die Reflexion des Schalles gründet ſich auch das ſogenannte Sprachrohr. Es ſcheint dieſes aber damals noch nicht bekannt geweſen zu ſeyn. Es führt zwar Kircher[h]) aus einer Handſchrift von des Ariſtoteles ſecretis ad Alex. M. an, es habe Alexander ein großes Horn beſeſſen, womit er ſein Kriegsheer 100 Stadien weit habe zuſammenberufen können, wovon Kircher ſogar die Zeichnung beyfügt. Auch Morhof[i]) führt die Stelle dieſes dem Ariſtoteles untergeſchobenen Buches, das aus dem Arabiſchen ins Lateiniſche überſetzt und zu Bologna 1516 gedruckt worden iſt, aber ganz anders, als Kircher, an. In dieſem Horne haben einige das älteſte Sprachrohr finden wollen, welches Werkzeug mithin wenigſtens die Araber hätten kennen müſſen; allein die Zeichnungen

h) Ars magna lucis et umbrae. Amſtel. 1671. fol. p. 102.

i) Diſſ. de vitro per vocis ſonum rupto in diſſ. Acad. Hamb. 1699. 4.

gen zeigen, daß es nicht zum Sprechen dienen konnte, und alſo blos zu den Blasinſtrumenten gehört, deren hohes Alterthum von niemanden bezweifelt wird.

Man beruft ſich ferner auch auf eine Stelle des Porta k), in welcher er das Sprachrohr angebe; er ſagt nämlich, inſtrumentum conſtruere tentabimus, quo per multa miliaria audire poſſimus. Allein die Beſchreibung, welche er von dieſem Inſtrumente giebt, bezieht ſich auf kein Sprachrohr, ſondern auf ein Hörrohr; forma inſtrumenti, ſagt er, auditus oportet ſit ampla, et concava et aperta, et intus cochleata, duplici de cauſa; prima ſi ſoni intus recte ferrentur, oblaederent ſenſum, ſecunda quia per cochleam circumferuntur, et alliſa vox per aurium anfractus, multiplicatur, ut de Echo videmus. Zuletzt fügt er noch hinzu: accommodetur inſtrumentum, ut commode auribus indatur, ut ſpecilla oculis.

Noch eher ließe ſich die Beſchreibung, welche Bacon von Verulamio von dem cornu venatorio giebt, als ein Sprachrohr annehmen, wie auch *de Loys* l) in der franz. Ueberſetzung ſelbige als ein ſolches betrachtet hat; allein es iſt dies offenbar ein bloßes Horn, welches die Jäger gebrauchten, um das Wild damit zuſammen zu treiben. Bacon beſchreibt es alſo: cornu venatorium, altera parte laxius, magis intendit ſonum, quam ſi foramen prorſus aequale foret. Ratio eſt, quod aer primo arctiora ingreſſus ſpatia contrahatur, deinde majora nactus, in largiorem ſe effundat exitum, ſeſeque dila-

k) Magiae naturalis lib. XX. cap. V.

l) Abregé chronologique pour ſervir à l'hiſtoire de phyſique. à Strasb. 1786. T. I.

dilatet. In egreſſu quoque plus aeris percutiens, conſequenter, ſe ipſo major et gravior exiſtit. Adeoque cornua venatorum, quae aliquando recta, non obliqua ſiunt, ſemper ad inferiores partes latius pateſcunt.

Die eigentliche Erfindung des wirklichen und gewöhnlichen Sprachrohres wird allgemein dem Ritter Samuel Morland zugeſchrieben, und gehört daher erſt in die folgende Epoche.

Drittes Kapitel.

Von den Meynungen und Entdeckungen, welche das Weltgebäude überhaupt betreffen.

Die Bewegungen der Himmelskörper, und die ſo bewundernswürdige Erhaltung derſelben in ihren Bahnen mußten nothwendig ſchon die erſten Menſchen aufmerkſam machen, und die Geſchichte beweiſet auch wirklich, daß die Aſtronomie vor allen andern Wiſſenſchaften zuerſt bearbeitet worden iſt. In Anſehung der Bewegung blieben die meiſten beym Scheine ſtehen, und glaubten, daß unſere Erde im Mittelpunkte des Weltalls ſich befände, und alle übrige Geſtirne ſich um die Erde herum bewegten. Nur wenige behaupteten das Gegentheil. Die ſcheinbar ſtärkſten Gründe für erſtere Meynung führt Claudius Ptolemäus in ſeinem Almageſt an. Dieſes Syſtem,

ſtem, welches er mit vieler aſtronomiſcher Geſchicklichkeit zur Erklärung der Phänomene anwendet, hat daher auch den Nahmen des Ptolemäiſchen Syſtems erhalten. Die meiſten ſeiner Gründe für die Hypotheſe, daß die Erde unbewegt im Mittelpunkte ſtehe, ſind von dem Mangel einer Parallaxe an den Fixſternen hergenommen. Den beyden Planeten Venus und Merkur giebt er die Stelle unter der Sonne, um ſie als beſtändige Begleiter derſelben nicht auf einerley Seite mit den übrigen Planeten, die ihr bisweilen entgegengeſetzt ſind, zu bringen. Ueberhaupt beruhet ſeine Meynung von der Bewegung der Planeten ganz darauf, daß derjenige Planet der Erde am nächſten ſeyn müſſe, welcher ſeine kreisförmige Bahn am ſchnellſten durchlaufe, wie dieß offenbar am Monde und an der Sonne erhelle; jener müſſe nämlich der Erde näher als dieſe ſeyn, weil er die Sonne verfinſtere; auch der Saturn beweiſe dieß, welcher am langſamſten ſich bewege, und wegen ſeines ſchwachen Lichtes für den entfernteſten gehalten werden müſſe. Die obern Planeten läßt er in Epicykeln gehen, und er ſucht daraus die ungleichen, rückgängigen und vorwärts gehenden Bewegungen, imgleichen den zweymaligen Stillſtand derſelben zu erklären, ſo wie es den Beobachtungen völlig gemäß ſey. Allein bey alle dem läugnet doch Ptolemäus ſelbſt nicht, daß alle dieſe Bewegungen ſehr verwickelt ſind. Doch, ſagt er, die Weltkörper wären noch lange nicht ſo ſchwer zu bewegen, als es uns ſchwer fiele, ihre Bewegungen einzuſehen; das Einfache im Weltbaue habe eine ganz andere Beſchaffenheit, als in den Werken der Menſchen, und man müſſe dabey immer mehr auf die genaue Darſtellung der Erſcheinungen Rückſicht nehmen, als auf andere Abſichten. Nachdem aber in der Folge die aſtronomiſchen

miſchen Beobachtungen immer ſorgfältiger angeſtellt wurden, ſo bemerkte man auch, daß dieſes ptolemäiſche Syſtem immer mehr von dem wahren Himmelslaufe abwich, indem man mehrere Ungleichheiten in den Beobachtungen der Himmelskörper wahrnahm. Die Gründe, womit es Nikolaus Copernicus beſtritt, ſind bereits im erſten Kapitel angeführt worden. Gleichwol vertheidigten die Scholaſtiker das Ptolemäiſche Syſtem mit dem größten Eifer. Die Ueberredung von der Unbeweglichkeit der Erde, welche der ſinnliche Schein gewähret, und die beſonders mit einigen Stellen der heiligen Schrift übereinzuſtimmen ſchien, und die abgöttiſche Verehrung des Ariſtoteles waren die Stützen, auf welchen dieß Syſtem bis zur Mitte des 16ten Jahrhunderts unerſchüttert ruhete. Auch das Syſtem des Tycho de Brahe, ob es gleich die Erſcheinungen weit glücklicher, als das ptolemäiſche, erklärte, zeigte noch ſehr viele Mängel. Erſt zu Anfange des 16ten Jahrhunderts trat der glücklichere Zeitpunkt für das Copernicaniſche Syſtem ein. Durch das neu erfundene Fernrohr hatte der ſcharfſinnige Galilei das Vergnügen, das Ab- und Zunehmen der Venus und des Merkurs, und vier Jupitersmonde, welche er dem Mediceiſchen Hauſe zu Ehren, die Mediceiſchen Planeten (medicea ſidera) nannte, zu entdecken. Auch beobachtete er den Mond als einen unſerer Erde ähnlichen Körper, die Sonnenflecken, welche ihn an der Umdrehung der Sonne um ihre Axe nicht zweifeln ließen, und noch viele andere Sterne ſo wol in der Milchſtraße, als an andern Stellen des Himmels, die dem bloßen Auge wegen ihrer Kleinheit ganz unſichtbar ſind. Die meiſten von dieſen Entdeckungen machte Galilei im März des Jahres 1610 in einer kleinen

zu Venedig gedruckten Schrift, Nuncius ſidereus, bekannt, welche er dem Großherzoge von Toſcana, Cosmus Medices II. zueignete. Dieſer Großherzog machte dem Galilei wegen der Entdeckung der mediceiſchen Planeten ein Geſchenk von mehr als tauſend Ducaten am Werthe, und gab ihm zum jährlichen Gehalte eine gleiche Summe [m]). Nun ward es unwiderſprechlich gewiß, daß Venus und Merkur um die Sonne laufen, daß alle Planeten für ſich dunkele Körper ſind, und ihre Erleuchtung von der Sonne erhalten, daß ſich Himmelskörper um ihre Axe drehen können, daß unſere Erde ſich mit ihrem Begleiter dem Monde in einem völlig gleichen Falle, wie der Jupiter mit ſeinen Trabanten, befinde, und daß die Sonne als der einzige leuchtende Körper ſich vor allen andern im Syſteme auszeichne.

Dieſe Schrift des Galilei, welche alsbald ſowol in Deutſchland als auch in Frankreich nachgedruckt wurde, verurſachte viele Bewegungen unter den damaligen Naturkündigern und Aſtronomen. Einige beſonders vorſetzliche Feinde des Galilei gaben deſſen Entdeckungen für bloße Erdichtungen und Träumereyen aus. So ſchreibt ein Böhme Martin Horky, welcher ſich damals in Italien aufhielt, an Keplern [n]), er habe in Bologna Galilei's Fernrohr heimlich erhalten, und ſich überzeugt, daß es am Himmel trüge, weil er dadurch beym Alkar im großen Bären, ebenfalls 4 Sterne wie Galilei beym Jupiter beobachtet habe. Dieß ſey in Gegenwart

m) Epiſtolae ad Keplerum ſcriptae ed. *Hanſchio* Lip. 1718. fol. epiſt. LVII. pag. 95.

n) ibid. epiſt. CCCIII. p. 489.

wart des Galilei Bononiſchen Gelehrten am 25ten April 1610 gezeigt worden, wobey Galilei verſtummt, und am folgenden Tage traurig von Bologna abgereiſet ſey. Doch ſiegte die Wahrheit bald, als die Fernröhre häufiger wurden.

Da dieſe Schrift des Galilei die Meynung des Copernicus ſo ſehr begünſtigte, und überhaupt das Copernicaniſche Syſtem mehrere Vertheidiger in Frankreich, Deutſchland und ſelbſt in Italien fand, ſo fiengen die Scholaſtiker an, ſchlechte Waffen gegen ihren neu aufgetretenen Feind zu gebrauchen, indem ſie dasjenige mit Machtſprüchen zu unterdrücken ſuchten, was ſie mit Gründen nicht mehr vertheidigen konnten. Daher wurde die Copernicaniſche Weltordnung zu Rom öffentlich verdammt, und Galilei ſelbſt nach Rom vors Tribunal geladen, welcher ſich genöthigt fand, zu erklären, daß er bey der alten Lehre bleibe. Von dieſer Zeit an war aber Galilei auf Mittel bedacht, die Wahrheit ſelbſt mit Genehmigung ihrer Gegner zu vertheidigen. In dieſer Abſicht entwarf er eine ſchöne Vertheidigung des Copernicaniſchen Syſtems, die er mit öffentlicher Erlaubniß in ſeinen Geſprächen über die Weltordnungen o) zum Druck befördern durfte. Dieſe Schrift, welche in der lateiniſchen Ueberſetzung des Matthias Bernegger p) allgemein geleſen wurde, macht nebſt einer andern ſchon vorher

o) Dialogo *di Galileo Galilei* delle due maſſime ſiſteme del mondo Tolemaico et Copernicano, in Firenze 1632. 4.

p) Dialogi de ſyſtemate coſmico 1635. Lugd. 1641. 4.

vorher erſchienenen q) die glorreichſte Vertheidigung der Copernicaniſchen Welterdnung aus. Man ſollte ſich in der That wundern, daß Galilei mit Genehmigung eine ſolche Vertheidigung, welche der Meynung der Scholaſtiker und der Lehre des beliebten Ariſtoteles ganz entgegen war, öffentlich bekannt machen durfte. Allein aus der Vorrede dieſer ſeiner Geſpräche ſcheint zu erhellen, daß ſelbſt im Tribunale zu Rom Männer geweſen ſind, die ebenfalls von der Copernicaniſchen Weltordnung überzeugt waren, gleichwol aber dieſe Meynung öffentlich zu behaupten ſich noch nicht getraueten, und welche vielleicht dieſerwegen mit dem Galilei viel Nachſicht mögen gehabt haben, wie dieß beſonders aus der milden Strafe, womit ihn nachher das Tribunal belegte, zu erhellen ſcheint. Galilei ſagt nämlich in gedachter Vorrede: man ſey auswärts der Meynung geweſen, und habe ſelbſt in verſchiedenen Schriften zu erkennen gegeben, als wäre die öffentliche Verurtheilung der Copernicaniſchen Weltordnung das Werk eines Tribunals geweſen, dem die Gründe, welche man dafür anführen könne, gänzlich unbekannt geblieben wären; er wolle vielmehr durch die Bekanntmachung ſeiner Schrift zeigen, daß die Lehrer in Italien eben ſo gut, als die gelehrteſten Ausländer mit dieſen Gründen bekannt wären.

Man kann ſich leicht vorſtellen, daß ſolche Vertheidigungen des Copernicaniſchen Syſtems ſehr viel Aufſehen machen, und die Peripatetiker zur bittern Galle reizen mußten, da ſie auf eine wahrheitsliebende Art

q) Novantiqua SS. patrum et probatorum Theologorum doctrina de ſacrae ſcripturae teſtimoniis in concluſionibus mere naturalibus temere non uſurpandis. ital. et lat. Auguſt. 1636. 4.

Art das Lächerliche der noch allgemein verehrten ariſto-teliſchen Philoſophie ſo offenbar zeigten. Galilei hatte auch wirklich das Unglück, ſich ſchon im Jahre 1632 zu Rom vor dem Tribunal der Inquiſition ſtellen zu müſſen, wogegen ihn ſein Landesherr und Gönner, der Großherzog von Toſcana, nicht zu ſchützen wagte. Er wurde beynahe ein ganzes Jahr hindurch mit einer leidlichen Gefängnißſtrafe in der Wohnung des franzöſiſchen Geſandten beleget, und mußte ſich am 20ten Jun. 1633 zu einem förmlichen Wiederrufe verſtehen, wovon man die Urkunde nebſt dem Dekret beym Riccioli [r]) findet. Hierauf ward er zur lebenslänglichen Gefängnißſtrafe verurtheilet, welches jedoch im folgenden Jahre in eine Einſchränkung ſeines Aufenthalts auf dem florentiniſchen Gebiete verwandelt wurde, wo er bis an ſeinen 1642 erfolgten Tod auf ſeinem Landgute Arcetri wohnte.

Indeſſen erhoben ſich überall heftige Streitigkeiten, welche aber erſt in die folgende Epoche gehören.

Unter allen aber hat wol keiner einen ſo großen Antheil an dem Siege des copernicaniſchen Syſtems, als Kepler, ob er gleich daſſelbe nicht mit Vorſatz vertheidigte. Blos ſeine Entdeckungen, welche hier nothwendig angeführt werden müſſen, gaben dieſem Syſteme ein vorzügliches Uebergewicht für das Ptolemäiſche, indem ſie ſelbiges vorausſetzen, und in keinem andern als in dieſem ſtatt finden können. Dieſe Entdeckungen ſind nämlich die Regeln des Planetenlaufs, welche nach ihm Kepleriſche Regeln genennt werden.

Die erſte Kepleriſche Regel iſt: daß die Planeten nicht in kreisrunden, ſondern in ellipti-

r) Almageſtum novum. T. II. lib. 9. ad fin.

liptiſchen Bahnen um die Sonne laufen, in deren einem Brennpunkte die Sonne ſich befindet. Kepler kam auf die Entdeckung dieſes Geſetzes durch eine ſorgfältige Vergleichung einer angenommenen kreisrunden Bahn mit den ſchätzbaren Beobachtungen, welche Tycho de Brahe [s]) vorzüglich über den Lauf des Mars angeſtellt hatte, der hiezu beſonders geſchickt war. Bey der Vorausſetzung einer kreisrunden Bahn fand er die Stellen, und die jedesmalige Entfernung des Mars von der Sonne in verſchiedenen Gegenden anders, als nach Tycho's Beobachtungen. Die berechneten Stellen eilten den beobachteten im erſten Quadranten, von der Sonnenferne angerechnet, vor, und blieben dagegen im dritten Quadranten hinter denſelben zurück, und die berechneten Entfernungen von der Sonne waren um die Seiten herum kleiner, als die aus den Beobachtungen gefolgerten. Hieraus ſchloß Kepler, daß die Bahn kein Kreis ſeyn könne. Zuerſt hielt er ſie nach ſeinen eigenen Ideen über die Urſachen der himmliſchen Bewegungen für ein Oval von beſonderer Art, berechnete ſich Tabellen und Gleichungen darüber, und ließ ſie mit dem Himmel vergleichen. Den Erfolg hievon meldet er in folgender Stelle, welche zugleich als ein Beyſpiel von ſeiner lebhaften Einbildungskraft und ſeiner dichteriſchen Schreibart abgiebt: at dum de motibus Martis in hunc modum triumpho, eique ut plane devicto tabularum carceres aequationumque compedes necto, diverſis nuntiatur locis, futilem victoriam, ac bellum tota mole recru-

s) Hiſtoria coeleſtis complectens obſervationes aſtronomicas varias ad hiſtoriam coeleſt. ſpectantes. Ratisb. 1672. fol.

crudeſcere; nam domi quidem captivus, ut contemptus, rupit omnia aequationum vincula, carceresque tabularum effregit. Iamque parum abfuit, quin hoſtis fugitivus ſeſe cum rebellibus ſuis conjungeret, meque in deſperationem redigeret, niſi raptim nova rationum phyſicarum ſubſidia, fuſis et palantibus veteribus, ſubmiſiſſem, et qua ſeſe captivus proripuiſſet, veſtigiis ipſius nulla mora interpoſita inhaeſiſſem. Kepler bemerkte nämlich, daß ſein Oval an den Seiten zu ſehr abgeplattet war, und ſetzte dafür die gewöhnliche apolloniſche Ellipſe. Auf dieſe Bedingung, ſagt er, ergab ſich der Gefangene. Er nahm dieſes hierauf bey allen übrigen Planeten an, und verſuchte es aus phyſiſchen Gründen abzuleiten. Endlich machte er dieſe Entdeckung im Jahre 1609 bekannt [t]).

Die zweyte mit der erſten zugleich entdeckte Regel iſt dieſe: daß die Zeiten, welche ein Planet gebraucht, einen Theil ſeiner elliptiſchen Bahn zu durchlaufen, ſich gegen einander verhalten, wie die Sectoren oder Räume der elliptiſchen Fläche zwiſchen den zurückgelegten Bogen und dem Brennpunkte oder der Sonne; oder der Radius=Rektor ſchneidet in gleichen Zeiten gleiche Flächen von ſeiner elliptiſchen Bahn ab. Nach dem alten Syſteme hatte man die Bewegung im excentriſchen Kreiſen gleichförmig, mithin die Sektoren des Kreiſes den Zeiten proportional angenommen. Allein Kepler fand, daß die Bewegung in der wahren Bahn wirklich ungleich=

t) Aſtronomia nova *αἰτιολογητός*, ſ. phyſica coeleſtis tradita commentariis de motibus ſtellae Martis. Pragae 1609. fol.

gleichförmig ſey, mithin auch aus dem Mittelpunkte ungleichförmig erſcheinen müßte. Er kam auf den Gedanken, die Sektoren zwiſchen den zurückgelegten Bogen und der Sonne der Zeit proportional anzunehmen, und den Punkt, aus dem die Bewegung gleichförmig erſcheint, von der Sonne um die doppelte Excentricität entfernt zu ſetzen. Dieſer Punkt ward der andere Brennpunkt, als er die apolloniſche Ellipſe für die Geſtalt der Bahn erkannte. Aus demſelben fand er die Bewegung zwar nicht völlig, aber doch beynahe gleichförmig; hingegen das Verhältniß der Zeiten mit den Sektoren, die aus der Sonne oder dem erſten Brennpunkte gezogen wurden, in allen Beobachtungen beſtätigt.

Die dritte Regel endlich iſt dieſe: daß ſich bey Körpern, welche ſich um einerley Hauptkörper bewegen, die Quadrate der periodiſchen Umlaufszeiten zweyer Planeten gegen einander verhalten, wie die Würfel ihrer mittleren Entfernungen von dem Hauptkörper. Dieſes Geſetz entdeckte Kepler etwas ſpäter und zwar durch eine Veranlaſſung, die er ganz ſeinem Hange zum Wunderbaren zu verdanken hätte. Er war nach dem damaligen Geſchmacke ein großer Liebhaber der Aſtrologie, und glaubte eine auffallende Uebereinſtimmung zwiſchen den Tönen der Muſik, den regulären Körpern der Geometrie und den Entfernungen und Größen der Planeten zu finden. Dabey kam er zugleich auf den Gedanken, die Umlaufszeiten der Planeten um die Sonne mit ihren Entfernungen von derſelben zu vergleichen. Kepler ſtellte lange Vergleichungen hierüber an; er verglich verſchiedene Potenzen, ja ſogar die Quadrate der Umlaufszeiten

und

und Würfel der Entfernungen einiger Planeten; allein ein Rechnungsfehler war dießmal ſeinem Wunſche entgegen. Endlich am 15ten May 1618 entdeckte er glücklich, daß ſich ein beſtändiges Verhältniß zwiſchen den Quadratzahlen der Umlaufszeiten und den Cubikzahlen der Entfernungen zweyer Planeten von der Sonne finde. Dieſe ſeine Entdeckung machte er ſogleich bekannt [u]).

Dieſe drey Regeln wurden von den Aſtronomen mit vielem Beyfall aufgenommen, und trugen viel dazu bey, das copernicaniſche Syſtem zu beſtätigen. Sie ſind, wie Newton 50 Jahre darnach bewieſen hat, als nothwendige Folgen aus den Geſetzen der Centralbewegung und der Gravitation anzuſehen. Ihre Gewißheit iſt durch nachherige Beobachtungen ſo feſt beſtätigt, daß man ſie ohne alles Mißtrauen bey neuen Beſtimmungen zu Grunde legt, wenn andere Mittel fehlen.

Es wird nun noch nöthig ſeyn, kürzlich anzuführen, wie damals einige Einwürfe gegen das Copernicaniſche Syſtem beantwortet worden ſind, und die Gründe, welche beſonders für das copernicaniſche Syſtem ſind, zu zeigen. Den Einwurf des Tycho, daß es bey angenommener Bewegung der Erde unbegreiflich ſey, daß ein ſchwerer Körper von einem Thurme fallen gelaſſen, genau am Fuße deſſelben niederfalle, da doch unterdeſſen der Thurm weit gegen Morgen fortgerückt ſeyn müſſe, beantworten Galilei und Kepler mit Recht ſo, daß alles, was der Erde zugehöre, ſich mit derſelben auf gleiche Art bewege, daß mithin die in der Luft ſchwebenden Körper in Rückſicht unſerer Erde als ruhend angeſehen werden müſſen, und daher

u) Epitome aſtronomiae Copernicanae. Lincii 1618. 8. Harmonicae mundi libri V. Linc. 1619. fol. p. 189.

daher die Bewegung durch den freyen Fall gerade ſo erfolgen müſſe, als ob die Erde mit allem, was ſie enthält, ruhe. Auf ſolche Art werde, ſagt Galilei, ein Stein von der Spitze des Maſtbaumes eines auf dem Waſſer ſo wohl ruhenden, als im vollen Laufe gehenden Schiffes fallen gelaſſen genau am Fuße deſſelben niederfallen u. ſ. f. Ferner den nicht unwichtigen Einwurf des Tycho, den auch ſchon Ptolemäus anführt, daß wir nämlich eine ganze Hälfte des Himmels über dem Horizonte ſehen, und von entgegengeſetzten Stellen der Sphäre die eine in eben dem Augenblicke aufgehe, in welchem die andere untergehe, und daß folglich die Erde im Mittelpunkte des Ganzen ſtehe, beantwortete bereits Copernicus in einem eigenen Capitel (de revolut. cap. 6) gegen den Ptolemäus. Es gründet ſich dieſer Einwurf blos auf den gänzlichen Mangel aller Parallaxe der Fixſterne. Die ſehr richtige Antwort des Copernicus hierauf, daß der Halbmeſſer der Erdbahn gegen die Entfernung der Fixſterne unendlich klein, und unſere Erde in Vergleichung mit dem Ganzen nur als ein Punkt zu betrachten ſey, hat nachher dadurch mehr Zuverläſſigkeit erhalten, je mehr man von der Unermeßlichkeit der Entfernungen der Fixſterne überzeugt wurde. Was endlich die Zeugniſſe der heiligen Schrift, welche Tycho der Bewegung der Erde ſo ernſtlich entgegenſetzte, betrifft, ſo ſtehen dieſe Joſua 10, 13. Pſalm 92, 1. Pſalm 103, 5. Pred. Salom. 1, 5. Jeſaias 34, 8. Richter 5, 20. Drittes Buch Eſra 4, 38. Es ſind aber alle dieſe ſchon hinreichend von Paul Anton Foscarini x) und Keplern beantwortet worden.

Dage-

x) *Pauli Antonii Foſcarini*, Carmelitani, epiſtola circa Pytha-

Dagegen waren damals ſchon Gründe genug vorhanden, welche die copernicaniſche Weltordnung ungemein unterſtützten. Auſſer der bewundernswürdigen Einfachheit, womit alle Erſcheinungen bey der Vorausſetzung der Bewegung der Erde am Himmel erkläret werden konnten, gaben beſonders die Kepleriſchen Regeln eine vorzügliche Stütze dieſes Syſtems ab. Das Geſetz, daß ſich die Quadratzahlen der Umlaufszeiten wie die Würfel der Entfernungen vom Mittel verhalten, wird in dieſem Syſtem allgemein. Wenn nach dem Syſtem des Tycho die Erde wirklich im Mittel wäre, um welches Sonne und Mond ſich bewegten, ſo würde dieſe Regel nicht zutreffen. Denn alsdenn hätte die Sonne eine beynahe 13 mal größere Umlaufszeit, als der Mond, ihre Entfernung aber wäre 400 mal größer als die des Mondes. Daher fehlte ſehr viel an der Richtigkeit dieſer Regel, nach welcher hier die Quadratzahl von 13 der Cubikzahl von 400 gleich ſeyn ſollte.

Ariſtoteles und ſeine Anbeter, die Scholaſtiker, hatten aber überhaupt von den Entfernungen und Größen der Himmelskörper viel zu geringe Vorſtellungen. Sie glaubten, daß die Planeten an durchſcheinenden kryſtallenen Sphären angeheftet wären. An der achten Himmelsſphäre über der Saturnusſphäre befänden ſich die Fixſterne, über dieſer kämen noch zwey Sphä-

Pythagoricorum et Copernici opinionem de mobilitate terrae et ſtabilitate ſolis et de novo ſyſtemate ſeu conſtitutione mundi, in qua ſacrae ſcripturae auctoritates et Theologiae propoſitiones, communites adverſus hanc opinionem adductae conciliantur, ex Ital. in lat. converſa 1615. 4. dem ſyſt. coſmico des Galilei beygedruckt.

Sphären, um die Bewegung der Fixſterne in der Länge u. ſ. f. zu erklären, und endlich die eilfte Sphäre, oder das primum mobile, welche alle übrige täglich vom Morgen gegen Abend herumtriebe. Dieſe Vorſtellungen, welche ihren Urſprung vom bloßen Scheine hatten, wurden ſchon durch die erſten Vertheidiger des copernicaniſchen Syſtems lächerlich gemacht.

Sonne.

Die Sonne, als einer der vorzüglichſten Himmelskörper, mußte nothwendig ſchon die Aufmerkſamkeit der erſten Menſchen nach ſich ziehen. Ihre erwärmenden Eigenſchaften ließen, ohne weitere Unterſuchungen, natürlich vermuthen, daß ſie vielleicht ein Körper ſey, der aus wirklichem Feuer beſtehe. Durch ihre ſcheinbare Bewegung, die ſie in jedem Tage in ohngefähren 24 Stunden um den Himmel macht, entſtehet Tag und Nacht. Gleichwol konnte es auch den Alten bey geringer Aufmerkſamkeit gar nicht entgehen, daß ſich die Sonne auſſer der täglichen Bewegung in einer eigenen Bahn von Abend gegen Morgen hin bewege, indem ſie ihren Ort unaufhörlich unter den Fixſternen verändert, und daß ſie dieſe Bahn in einem Jahre um den Himmel zu vollenden ſcheint. Da ſie ſich aber bey jeder täglichen Umwälzung nicht mehr da befindet, wo ſie am Anfange derſelben war, ſo ſcheint ſie in Spiralen oder Schraubengängen um den Himmel zu laufen. Nach dem Ptolemäiſchen Syſteme mußten nothwendig beyde Bewegungen der Sonne als wirklich angenommen werden; nach dem copernicaniſchen Syſteme hingegen ſind ſie nur ſcheinbar, und es wird die tägliche Bewegung der Sonne durch die tägliche Umwälzung der Erde um ihre Axe, und die jährliche Bewegung der Sonne durch die jährliche Bewegung

wegung der Erde um die Sonne bewirkt. Daß dieſe copernicaniſche Vorſtellung weit mehrere Gründe für ſich hat, haben bereits die erſten Vertheidiger des copernicaniſchen Syſtems überzeugend bewieſen.

Ferner belehrten die Sonnenfinſterniſſe den erſten Beobachtern des Himmels, daß die Sonne viel weiter von der Erde entfernt ſeyn müſſe, als der Mond. Alle ihre Methoden aber, dieſe Entfernung zu beſtimmen, tragen nicht das Gepräge einer Genauigkeit an ſich. Es kommt hierbey, wie die Aſtronomie lehrt, auf die Sonnenparallaxe an, welche aber die ältern Aſtronomen mit keiner ſo großen Genauigkeit zu beſtimmen wußten, als nur zur erträglichen Erfindung des Abſtandes der Sonne von der Erde nöthig war. Ptolemäus berechnete durch Hülfe der alten Trigonometrie die Sonnenparallaxe auf 2′ 57″. Tycho de Brahe aber, welcher ſchon einen weit ſchärfern Beobachtungsgeiſt, als alle ſeine Vorgänger, zeigte, ſetzt ſie gleichwol noch auf 3′, Kepler aber nur auf 1′. Von dieſer Zeit an haben die nachfolgenden Aſtronomen ſie immer kleiner gefunden. Uebrigens würde es dem Zwecke zuwider ſeyn, hier zu zeigen, durch welche Mittel die Sternkundiger die Parallaxe beſtimmt haben. Denn dieß gehört mehr in die Geſchichte der Aſtronomie, als in die Geſchichte der Phyſik.

Noch weit mehrere Entdeckungen an der Sonne, ſo wie am Himmel überhaupt, wurden erſt ſeit der Erfindung der Fernröhre gemacht. Faſt zu gleicher Zeit entdeckten dadurch mehrere Beobachter Flecken an der Sonne. Indeſſen war doch Kepler der erſte, welcher einen Sonnenflecken auch ohne Hülfe des Fernrohres geſehen hat, ohne ihn jedoch für das, was er war, zu erkennen. Er glaubte nämlich am 28ten

May 1607 den Merkur in der Sonne geſehen zu haben [y]). Da er aber nachher von den Sonnenflecken Nachricht erhielt, und einſahe, daß damals unmöglich Merkur in der Sonne geweſen ſeyn könne, ſo bekannte er ſeinen Irrthum ſelbſt. Indeſſen eignete er ſich doch die Ehre der Entdeckung der Sonnenflecken zu, wie die von Hanſch [z]) aus der Vorrede ſeiner Ephemeriden von 1616 angeführte Stelle zeigt, wo er ſich mit dem Marius vergleicht, welcher die Jupitersmonden ebenfalls zuerſt geſehen habe, ohne ſie zu kennen. So ſchreibt er an dieſer angezogenen Stelle: felix ſum eo ipſo, quod primus hoc ſaeculo maculorum obſervator; eripio ergo filio tuo palmam hanc eodem jure, quo *Marius Galileo* ſatellitii Jovialis primum viſi laudem eripuit. Nam ſi ego neſcivi, me ſolis videre maculas, neſcivit et ille principio, ſe Joviales ſatellites aſpicere, cum tamen aſpiceret etc. Keplers Beobachtung war übrigens an einem im verfinſterten Zimmer aufgefangenen Sonnenlichte gemacht.

Mit Hülfe der Fernröhre wurden aber die Sonnenflecken zuverläſſiger beobachtet. Johann Fabricius, deſſen Vater, David, Prediger zu Oſtell in Oſtfriesland, und ſelbſt Beobachter war, brachte von einer Reiſe durch Holland ein Fernrohr mit, wodurch er nebſt ſeinem Vater, ſelbſt mit Gefahr ihrer Augen, die Sonne betrachteten; ſie gebrauchten dabey blos dieſe einzige Vorſicht, daß ſie anfänglich die Sonne

y) Ausführlicher Bericht von dem neuerlich 1607 erſchienenen Haaſtern. Hall in Sachſen 1608. 4. imgl. phaenomenon ſingulare ſ. Mercurius in ſole. Lipſ. 1609. 4.

z) Vita *Kepleri* in epiſtolis ad Keplerum ſcriptis. Lipſ. 1718. fol. pag. XXI.

ne an den Rand des Geſichtsfeldes, und von da erſt nach und nach in die Mitte führten. Hierdurch nahm der Sohn Sonnenflecken wahr. Den Tag der erſten Beobachtung führt er zwar nicht an, ſeine Schrift aber, die er im Junius 1611 zu Wittenberg drucken ließ, iſt unter allen, welche von dieſem Gegenſtande handeln, ohne Zweifel die erſte [a]), auch geſteht Kepler in der Vorrede der Ephemeriden von 1616 dem Fabricius die Ehre der erſten Entdeckung zu. Fabricius bemerkt in ſeiner Schrift, daß er noch vor der Reiſe nach Wittenberg ganz allein einen großen Sonnenflecken wahrgenommen, ſeinen Vater dazu gerufen, und ſich ſeit dem Anfange des Jahres 1611 die Umwälzungen der Flecken angemerkt habe; man kann daher dieſe Entdeckung des Fabricius gegen das Ende des Jahres 1610 ſetzen.

Auch der Pater Chriſtoph Scheiner, Profeſſor der Mathematik zu Ingolſtadt beobachtete die Sonnenflecken im März des Jahres 1611 durch ein Fernrohr. Er brauchte aber dabey die Vorſicht, die Sonne erſt zu betrachten, wenn ſie hinter dünne Wolken ſtand. Dieſe Erſcheinung zeigte er ſeinem Collegen P. Cyſatus am 21ten März, und gebrauchte in der Folge blaue Gläſer, um den Glanz der Sonne zu vermindern. Bald nachher aber beobachtete er mit weniger Gefahr für ſeine Augen und mit größerer Bequemlichkeit die Sonnenflecken in einem verfinſterten Zimmer, indem er das Bild der Sonne durch ein holländiſches Fernrohr auf einer Ebene auffieng. Durch dieſe

a) *Jo. Fabricii* Phryſii de maculis in ſole obſervatis, et apparente earum cum ſole converſione narratio. Witeb. 1611. 5½ plag. 4.

dieſe Vorrichtung hatte er das Vergnügen, die Erſcheinungen mehreren ſeiner Collegen zu zeigen, wodurch ſie bald bekannter wurden. Da man aber die Sonne nach der damaligen ariſtoteliſchen Phyſik für das reinſte Feuer hielt, ſo wollte der Provinzial des Ordens Theodor Buſäus die Entdeckung der Sonnenflecken nicht ohne Behutſamkeit bekannt machen laſſen. Daher überſandte Scheiner ſeine erſten Beobachtungen an den gelehrten Patricier zu Augſpurg Markus Welſer, der ſie ohne Mitwirkung des Verfaſſers öffentlich bekannt machte [b]). Nicht lange darauf folgte eine Fortſetzung dieſer Beobachtungen [c]). Scheiner erhielt nachher einen Ruf nach Rom, wo er ſeine Beobachtungen über dieſen Gegenſtand mit unermüdetem Fleiße fortſetzte, und ſie endlich nebſt den Folgerungen daraus in einem großen Werke beſchrieb [d]), welches über 2000 Beobachtungen abbildet, und von den Aſtronomen mit ungemeinem Beyfall aufgenommen wurde.

An die Ehre der Entdeckung der Sonnenflecken machte auch Galilei Anſprüche. Welſer hatte Scheiners Briefe am 6ten Jan. 1612 an ihn geſchickt. Galilei machte einige Erinnerungen darüber

b) Tres epiſtolae de maculis ſolaribus ſcriptae ad *Marc. Velſerum*, cum obſervationum iconiſmis. Auguſt. Vindel. 1612. 2 plag. 4.

c) De maculis ſolaribus et ſtellis circa Jovem errantibus accuratior diſquiſitio ad *Marc. Velſerum* perſcripta. Auguſt. Vindel. 1612. 4. 52 Seiten mit 12 Kupf.

d) Roſa Vrſina ſ. ſol ex admirando facular. et macular. ſuar. Phaenomena varius, nec non ſuper palos proprios mobilis a *Chriſt. Scheinero.* Germ. Suevo e S. I. Bracciani 1630. fol.

rüber [e]) und behauptete, Scheiner habe bereits von ſeinen ältern Beobachtungen Nachricht gehabt. Allein dieſer vertheidigte ſich dagegen in ſeiner Roſa Vrſina ſehr gründlich.

Nach dieſer Erzählung hat man den Fabricius mit Recht für den gehalten, welcher die Sonnenflecken zuerſt beobachtet hat. Allein vor einigen Jahren hat der Herr von Zach in den vorgefundenen Manuſkripten eines Engländiſchen Mathematikers, Nahmens Thomas Harriot, eine Reihe Beobachtungen von Sonnenflecken gefunden, welche vom 8ten Dec. 1610 bis zum 18ten Jan. 1613 ununterbrochen fortgeht [f]). Es ſind dieſe Beobachtungen ſehr umſtändlich und ſorgfältig beſchrieben; ſie beweiſen, daß Harriot Ferngläſer hatte, welche 10, 20 und 30 mal vergrößerten. Ohne Zweifel ſind alſo dieß die erſten Beobachtungen, welche von den Sonnenflecken aufgezeichnet ſind, ob ſie gleich ſo lange im Manuſkript verborgen blieben. Es muß daher Harriot, wo nicht vor dem Fabricius, doch wenigſtens mit ihm zu gleicher Zeit dieſe Entdeckung gemacht haben. Galilei führt zwar in einem vom 4ten May 1612 datirten Briefe an, er habe bereits die Sonnenflecken vor 18 Monaten beobachtet, welches die Entdeckung auf

e) Iſtoria e dimoſtrationi intorno alle macchie ſolari del ſign. *Galileo Galilei* in Rom. 1614. 4. und in den opere di *Galileo*. Prolog. 1655. Vol. II.

f) Beobacht. des Uranus u. ſ. w. und Anzeige von den in England aufgefundenen Harriotſchen Manuſkripten, aus einem Schreiben des Herrn von Zach. London den 26. Nov. 1788. in Bode aſtronomiſches Jahrbuch für 1788. S. 154. u. f.

auf den Nov. 1610 zurückbringen würde. Allein davon konnten damals weder Harriot noch Fabricius etwas wiſſen. Ueberdies gedenkt auch Harriot des Galilei nicht, ſondern führt als Veranlaſſung ſeiner Beobachtungen den Joſeph a Coſta [g]) an, welcher erzähle, daß man in Peru Flecken an der Sonne ſehe. Der Herr von Zach fügt noch die Bemerkung hinzu, es habe Harriot das Fernrohr viel eher aus Holland erhalten können, als Galilei, und hätte Harriot wirklich die Galileiſchen Nachrichten gehabt, ſo würde er auch um die wunderbare Geſtalt des Saturnus, die Galilei entdeckte, gewußt haben, von der er aber nichts melde. — Die Muthmaßung des Herrn von Zach, daß Harriot eher das Fernrohr in Händen hätte haben können, als Galilei, ſcheint nun wohl unrichtig, indem ſchon Galilei im Jahre 1609 durch eigenes Nachdenken auf die Zuſammenſetzung des Fernrohres kam, und damit Beobachtungen anſtellte, die er im nuncius ſidereus 1610 beſchrieb, ohne auf holländiſche Fernröhre zu warten. Indeſſen erwähnt dieſe Schrift nichts von Sonnenflecken, ſo wie eben ſo wenig die, die er im Jahre 1611 herausgab, und in welcher er von der Erſcheinung, die er am Saturn wahrgenommen hatte, Nachricht ertheilt. Eben daraus iſt es höchſt wahrſcheinlich, daß Galilei vor Fabricius und Harriot, mithin auch ſeinem Vorgeben nach im Nov. 1610 von den Flecken noch nichts gewußt habe.

Die vorzüglichſten Erſcheinungen, welche dieſe erſten Beobachter an den Sonnenflecken wahrnahmen, ſind dieſe: die meiſten Flecken zeigen in der Mitte einen

g) Natural and Moral hiſtory of the Weſt-Indias L. I. c. 8.

nen ſchwarzen Kern, und ſind am Rande mit einem bräunlichen oder weißgrauen Nebel umgeben; ſonſt ſind ſie aber einer ſehr großen Veränderung unterworfen. Scheiner nahm wahr, daß ſich ihre Geſtalt ändere, daß ſie wachſen, abnehmen, ſich in Nebel oder Schatten verwandeln und zuletzt ganz verſchwinden. Auch die Menge der Flecken iſt ſehr veränderlich. Zur Zeit ihrer Entdeckung fand man die Sonne faſt nie ohne Flecken. Scheiner zählte einmal deren 50. Uebrigens ſcheinen alle Sonnenflecken, ſo lange ſie ſichtbar ſind, ſich ziemlich parallel unter einander von Oſten nach Weſten durch die Sonnenſcheibe fortzubewegen. Iſt ein Flecken von hinreichender Dauer, ſo bringt er etwa 12 bis 13 Tage zu, ehe er durch die ganze Sonnenſcheibe hindurchkommt; hiernächſt ſieht man ihn 14 bis 15 Tage lang nicht, alsdann aber kommt er wieder am öſtlichen Rande daſelbſt zum Vorſchein, wo man ihn vor 27 Tagen beobachtete. Ueberdem hat auch Scheiner ſogenannte Sonnenfackeln (faculae ſolares) oder Stellen, welche heller als das übrige Sonnenlicht ausſehen, wahrgenommen.

Alle dieſe Erſcheinungen gaben gleich nach der Entdeckung der Flecken zu verſchiedenen Muthmaßungen Anlaß. Einige hielten ſie für frey ſchwebende Körper, welche ſich nicht auf der Sonnenfläche befänden, ſondern vielmehr als eigene um die Sonne laufende Planeten, welchen ſogar Johann Tarde[h]) und ein Niederländer[i]) eigene Nahmen gaben. Andere

h) Barbonia ſidera, falſo maculae ſolis nuncupata. Paris 1620. 4.

i) *Malapertii* ſidera Auſtriaca periheliaca. Duaci 1627. 4.

dere hingegen betrachteten ſie als Körper, die wirklich auf der Sonnenfläche lägen, wie Fabricius und Scheiner, und folgerten ſchon aus ihrer regelmäßigen Bewegung, daß ſich die Sonne um ihre Axe wälze, wiewol bereits Kepler vor der Erfindung der Sonnenflecken die Umdrehung der Sonne um ihre Axe gemuthmaßet hatte; dieſer bemerkt dabey zugleich, daß vielleicht durch dieſe Umdrehung die Umlaufsbewegung der Planeten um die Sonne bewirkt werde [k]). Galilei, welcher dem Syſteme der Unvergänglichkeit der Himmel nicht günſtig war, hielt ſie für eine Art von Rauch und Wolken, oder auch für Schaum auf dem großen Meere von feiner flüſſiger Sonnenmaterie. Scheiner, welcher die Sonne für ein wallendes Feuermeer hielt, ſtellte die Flecken als Rauch- und Dampfwolken dar, und die Sonnenfackeln als Oeffnungen der heftiger brennenden Feuerſchlünde.

Mond.

Die Bewegungen des Mondes ſind ſo ſehr in die Augen fallend, daß man ſchon ſehr frühzeitig daraus ſchloß, er bewege ſich wirklich um unſere Erde. Auch erkannte man bald, daß er der Erde viel näher als die Sonne ſey, ja daß er ſich als der nächſte Himmelskörper an der Erde zeige. Jedoch wußten die ältern Aſtronomen ſeine Entfernung von ihr nicht genau anzugeben. Es kömmt nämlich hiebey auf die wahre Größe der Mondparallaxe an, und ihre Methoden, ſelbige zu finden, waren noch ſehr fehlerhaft. Demungeachtet ſchloß doch ſchon Ptolemäus im Almageſt die Horizontalparallaxe des Mondes zwiſchen die Gren-

k) Aſtronomia nova, tradita commentar. de motibus ſtellae Martis. Pragae 1609. fol. in Introduct.

Grenzen von 54′ und 1° 41′ ein, welches ſeine Entfernung von der Erde zwiſchen 64 und 34 Halbmeſſer der Erde einſchränkt. Weitere Unterſuchungen hierüber ſtellten Copernicus, Tycho de Brahe und Kepler an. Ihre Beſtimmungen fielen aber immer noch nicht genau genug aus, um daraus mit einiger Zuverläſſigkeit die Entfernung des Mondes von der Erde zu finden. Erſt in den neuern Zeiten iſt auch dieſer Gegenſtand durch genauere Beobachtungen verbeſſert worden.

Auch entdeckten die ältern Aſtronomen ſehr bald verſchiedene Ungleichheiten des Mondlaufs, welche ſeine genaue Beſtimmung ungemein erſchwerten. Daher waren ſie genöthigt, zu Erklärung und Beſtimmung der Ungleichheiten zwey Epicykel über einander zu ſetzen. Noch weit mehrere Ungleichheiten im Mondlaufe, als ſelbſt den Alten bekannt waren, fand Tycho de Brahe, und ihre Anzahl wurde immer größer, je mehr und je genauer Beobachtungen am Monde angeſtellt wurden. Die phyſiſchen Urſachen davon waren aber in den damaligen Zeiten gänzlich unbekannt.

Schon beym Anblick mit bloßen Augen nimmt man an der Mondſcheibe eine große Menge dunkler Flecken wahr. Galilei aber erſtaunte, da er den Mond durch das nicht längſt erfundene Fernrohr zum erſten Male betrachtete, und ſelbigen mit dunkeln Flecken gleichſam überſäet fand. Nachdem er in der Folge den Mond in ſeinen Wechſeln verfolgte, und dabey entdeckte, daß ſich beſonders die größern dunkeln Flecken, wenn ſie von der Grenzlinie der Erleuchtung durchſchnitten werden, allezeit glatt, und ohne hervorragende Theile darſtellen, ſo ſchloß er daraus, daß überhaupt der Mond Thäler und Berge beſitze,

wie unſere Erde, und daß er ein unſerer Erde ähnli-cher Körper ſey. Daher glaubte er, ſo wie auch Kepler, daß der Mond wie unſere Erde von Menſchen bewohnet werde. Da aber dieſe einer Luft bedürfen, ſo gab ihm dieß Veranlaſſung dem Monde eine Atmoſphäre beyzulegen. Ja er maß ſogar einen der Mondsberge, und fand, daß er höher ſey, als irgend einer auf der Erde. Die von ihm am Monde gemachten Entdeckungen führt er in ſeinem 1610 herausgekommenen Nuncio ſidereo an, und fügt dieſer Schrift ſchon eine Abbildung des Mondes bey, die aber noch ſehr unvollkommen iſt. Beſonders merkwürdig an den Mondsflecken iſt der Umſtand, daß beſtändig ein und die nämlichen Flecken der Erde zugekehrt ſind, daß mithin der Mond derſelben nur eine und dieſelbe Seite zeigt. Aus dieſer Erſcheinung folgt unmittelbar die Umdrehung des Mondes um ſeine Axe, welche gerade in der Zeit erfolgt, in welcher er um die Erde läuft. Als Grund hievon gab ſchon Galilei an, daß die gegen uns gekehrte Seite des Mondes eine natürliche Beziehung oder Neigung gegen die Erde habe. Die Urſache dieſer Neigung aber war ihm unbekannt. Gleichwol entdeckte auch Galilei, daß ſich die der Erde zugewendete Seite des Mondes periodiſch ein wenig verrucke, indem die mitten auf ihr ſtehenden Flecken bald nach der einen bald nach der andern Seite, bald nord- bald ſüdwärts treten. Dieſe kleine Bewegung der Flecken wird das Schwanken, Wanken oder die Libration des Mondes genannt.

Planeten.

Die Planeten, welche den Alten bekannt waren, ſind der Merkur, die Venus, der Mars, der Jupiter und der Saturn. Seit den Zeiten des

Coper-

Copernicus hat man gar nicht mehr gezweifelt, daß ſie um die Sonne in eigenen, und zwar, wie Kepler erwieſen hat, in paraboliſchen Bahnen laufen.

Gleich nach der Entdeckung des Fernrohres entdeckte Galilei an der Venus die nämlichen Lichtabwechſelungen, wie beym Monde unſerer Erde, und ſchloß daraus mit Recht, daß dieſer Planet ein für ſich dunkler Körper ſey, welcher ſeine Erleuchtung von der Sonne erhalte.

Ferner beobachtete auch Galilei im Jahre 1610 mittelſt des Fernrohres die wunderbare Geſtalt des ſogenannten Saturnusringes [l]), welche er dreyfach nennt (apparuit *tergeminus*, vel *tricorporeus*, figura oblonga, ut utrique lateri duo comites adhaerere viderentur), nachdem aber nachher der Ring verſchwunden war, und der Saturn völlig rund erſchien, ſo verfolgte er dieſe Beobachtung nicht weiter.

Von den Nebenplaneten war vor Erfindung der Fernröhre kein einziger, auſſer dem Monde unſerer Erde, bekannt. Allein ſchon im Jahre 1609 bemerkte Simon Marius, oder Mayer in Anſpach, Mathematiker der Brandenburgiſchen Marggrafen in Franken, durch eines der erſten Fernröhre, welche nach Deutſchland kamen; um den damals rückläufigen Jupiter vier kleine Sterne, welche beſtändig in gerader Linie mit ihm bald auf dieſer, bald auf jener Seite ſtanden. Er vermuthete daher, daß dieſe Sterne keine Fixſterne ſeyn konnten, ſondern er kam vielmehr auf den Gedanken, daß ſie dem Jupiter als Begleiter zuge=

l) Epiſtolae de iis, quae poſt edit. nuncii ſiderei ope perſpicilli nova et admiranda in coelo deprehenſa ſunt, praemiſſae dioptricae *Kepleri*. Aug. Vind. 1611. 4.

zugehörten, und beobachtete ſie in dieſer Abſicht vom 29. Decemb. bis zum 12ten Jan. 1610 durch beſſere Gläſer genauer. Er wurde von dieſem Geſchäfte durch eine Reiſe bis zum 8ten Febr. abgehalten; von dieſem Tage an aber ſetzte er ſeine Beobachtungen fort, und ward um den Anfang des März völlig überzeugt, daß dieſe vier Sternchen wirkliche Trabanten des Jupiters wären. Dieſe ſeine Entdeckung machte er erſt im Jahre 1614 in einer eigenen Schrift m) bekannt, worinn er dieſe Sterne ſeinem Marggrafen zu Ehren ſidera Brandenburgica nannte, und ſie zugleich mit Tafeln über ihre Bewegungen begleitete. Er hatte aber bereits ſeine Entdeckung im Fränkiſchen Kalender von 1612 erzählt, wie Beckmann n) aus den geſammleten Nachrichten der ökonomiſchen Geſellſchaft in Franken anführt. Inzwiſchen hatte doch, wie bereits angeführt iſt, Galilei dieſe vier Sterne am 7ten Jan. 1610 wahrgenommen, und ſie genauer als Marius beobachtet, welche Entdeckung er noch in dem nämlichen Jahre bekannt machte. In eben dieſem Jahre 1610 wurde dieſe Entdeckung von Kepler o) völlig beſtätigt, welcher noch auſſerdem in einer andern Schrift p) darüber triumphirt, weil dadurch der Lauf der Erde um die Sonne nebſt ihrem einzigen Monde vollkommen beſtätigt werde.

Auch hat der Engländiſche Aſtronom, Thomas Harriot, ohne (mit großer Wahrſcheinlichkeit) etwas

m) Mundus Jovialis a. 1609. detectus ope perſpicilli Belgici. Norimb. 1614. 4.
n) Beyträge zur Geſchichte der Erfind. B. I. S. 117.
o) Narratio de obſervatis a ſe quatuor Jovis ſatellitibus erronibus. Pragae 1610. 4.
p) Diſſertatio cum nunceo ſidereo ad Galileum miſſa. Pragae 1610. 4.

etwas von Marius und Galilei zu wiſſen, ſehr frühzeitig nämlich vom 16ten Jan. 1610 bis den 26ten Febr. 1612 die Jupitersmonden durch Hülfe der Fernröhre beobachtet.

Aus dieſer Erzählung erhellet, daß Marius die Jupitersmonden früher geſehen, Galilei ſie aber zuerſt genau beobachtet und bekannt gemacht hatte. Ja Marius ſelbſt geſteht dem Galilei die erſte Entdeckung in Italien ſehr beſcheiden zu; dagegen nennt der Lobredner des Galilei, Aloyſius Brenna q) den Marius ſehr unhöflich, hominem, quo nihil petulantius dici vel fingi, poterat, und den geheimen Rath Fuchs von Bimbach oder Beinbach, auf deſſen Zeugniß ſich Marius beruft, einen neſcio quem. Auch ſelbſt Jagemann im Leben des Galilei nennt ſehr unbillig des Marius Erzählung ein bloßes Vorgeben.

Kometen.

Die meiſten alten Aſtronomen hielten die Kometen für bloße Meteore der Atmoſphäre unſerer Erde, nur wenige muthmaßten ihre beſtändige Bewegung in regelmäßigen Laufbahnen. Der erſte, welcher über den im Jahre 1577 erſchienenen Kometen genauere Beobachtungen anſtellte, war Tycho de Brahe. Aus der geringen Parallaxe, die er an dieſem Kometen beobachtete, ſchloß er, daß ſeine Entfernung von der Erde viel größer, als die des Mondes ſey. Die Bahn deſſelben nahm er für einen Kreis um die Sonne an r). Uebrigens blieb er aber bey der Meynung, daß

q) De vita et ſcriptis Galilei Galileji in *Angeli* Fabronii vitis Italorum doctrina excellentium Vol. I. Piſis 1778. 8. p. 53.

r) De mundi aetherei recentioribus phaenomenis liber ſecundus. 1587. 4.

daß die Kometen bald wieder verſchwindende Körper wären. Nachher hat der Heſſiſche Mathematiker Rothmann einen Kometen im Jahre 1585 und der Niederländer Willebroed Snellius [s]) einen im Jahre 1618 beobachtet, und ihre Bahnen ebenfalls als Kreiſe um die Sonne angenommen. Denſelben Kometen von 1618 verfolgte auch Kepler, und glaubte ſeinen Beobachtungen gemäß den Theil ſeiner Bahn zwiſchen der Sonne und der Erde hindurch auf eine gerade Linie reduciren zu können [t]). Unter allen Beobachtungen des Kometen von 1618 iſt jedoch die des Joh. Bapt. Cyſati [u]), der Mathematik Prof. zu Ingolſtadt, beſonders deswegen merkwürdig, weil er ihn zuerſt mittelſt eines Fernrohres betrachtete. Er bemerkte an ſelbigem in der Mitte des Kopfes einen runden Kern vom verdichteten Lichte, deſſen ſcheinbarer Durchmeſſer größer als der Durchmeſſer eines Fixſterns von erſter Größe war, welcher aber doch als eine Zuſammenhäufung von kleinen Sternchen ausſah. Die Bahn dieſes Kometen um die Sonne hielt er für eine Epicykel. Rothmann war noch immer der Meynung, daß die Kometen bloß vergängliche Meteore des Luftkreiſes ſeyn. Dagegen behauptete Snellius, der Stoff der Kometen ſey ein ätheriſcher Körper, welcher von den Ausdünſtungen der ſchäumenden Sonne und vielleicht anderer Sterne im Himmelsraume entſtanden, und von der Sonne entzündet wäre.

Auch

s) Deſcriptio cometae, qui anno 1618 menſe Novemb. primum effulſit, cum *Chriſtoph. Rothmanni* deſcriptione cometae anni 1585. Lugd. Batav. 1619. 4.

t) Libelli tres de cometis, aſtronomicus, phyſicus, aſtrologicus. Aug. Vind. 1619. 4.

u) Mathemata aſtronomica de cometa a. 1618. ed. 1619. Ingolſt. 4.

Auch vermuthet er die Beſtändigkeit der Kometen; denn ſie könnten ſich in ihrer kreisförmigen Bewegung um die Sonne in ihrem Apogäo unſern Augen entziehen, im Perigäo aber uns wieder ſichtbar werden. Daß der Schweif der Kometen von der Sonne abwärts gekehrt ſey, welche Erſcheinung Peter Apian oder Bienewitz aus Leißnig in Sachſen zuerſt bemerkt hat, dieß rühre von einer eigenen Kraft der Sonne her, die auf die Kometen wirke. Kepler meint, die Kometen wären neu entſtandene Erzeugungen, welche im Himmel, wie Fiſche im Meere, ſchwimmen, um die leeren Räume auszufüllen. Weil übrigens die Kometen ſelten am Himmel erſcheinen, und wegen ihrer langen Schweife ein fürchterliches Anſehen haben, ſo wurden die zu der Zeit lebenden Menſchen jedesmal in ein großes Schrecken verſetzt, wenn ſich ein Komet am Himmel zeigte, indem ſie darauf Kriege, theure Zeit, Sterben u. d. gl. ahndeten, und daher ſogar die Vorſehung inbrünſtig baten, daß kein Komet mehr erſcheinen möge.

Fixſterne.

Die ſcheinbare Bewegung der Fixſterne, da ſie nämlich alle in Kreiſen, die mit dem Aequator parallel ſind, täglich einmal um den ganzen Himmel zu laufen ſcheinen, nahmen die alten Aſtronomen als wirklich an. Ueberhaupt ſchreiben ſie dieſe Bewegung der ganzen Himmelsſphäre zu, und waren der Meynung, daß die Fixſterne an dieſer Sphäre angeheftet wären. Auſſer dieſer Bewegung der Fixſterne bemerkten auch ſchon die Alten eine andere ungemein geringe Bewegung, da ſie ſich in parallelen Kreiſen mit der Ecliptik um die Pole derſelben zu drehen ſchienen. Auch dieſe Bewegung nahmen ſie für wirklich an, und nannten die Zeit, binnen welcher ein Umlauf erfolgt, das

große Jahr, welches aber gar verſchiedentlich angegeben wurde [x]). Die Vertheidiger des copernicaniſchen Syſtems hingegen betrachteten weit natürlicher beyde Bewegungen blos als ſcheinbar. Den ſcheinbar täglichen Umlauf der Fixſterne leiteten ſie nämlich aus der Umdrehung der Erde um ihre Axe, und die andere Bewegung derſelben von einem Fortrücken der Nachtgleiche her. Das ſogenannte große Jahr beſtimmte Copernicus auf 25798 Jahre, Tycho und Kepler hingegen auf 25806 Jahre.

Ueberhaupt hatten die Alten von den Fixſternen ſehr geringe Vorſtellungen. Erſt durch das Copernicaniſche Syſtem erhielt man von der Größe der Fixſterne und des Weltgebäudes überhaupt weit erhabenere Begriffe. Schon Jordan Brunus [y]) betrachtete die Fixſterne als eine unzählbare Menge von Welten, und verband hiemit die Vorſtellung von der Unendlichkeit des Weltalls ſo wol dem Raume als auch der Zeit nach. Der ſonſt ſcharfſinnige Kepler hingegen war von einer ſolchen erhabenen Vorſtellung noch weit entfernt. Dieſer glaubte, daß es im Weltbaue Verhältniſſe gebe, die ſich auf die regulären Körper der Geometrie bezögen [z]). Zu einer ſolchen Idee verleitete ihn das alte Vorurtheil, daß ſich unſere Sonne als Hauptkörper des Weltalls vor allen andern auszeichne. Er unterſchied alſo die Sonne von den Fixſternen, und umgab unſer Syſtem mit einem weiten leeren

x) *Riccioli* almageſtum novum. Bonon. 1651. fol. T. I. p. 130. 168.

y) De innumerabilibus, immenſo, et infigurabili. Fſti 1591. 8.

z) Harmoniacae libri V. Lincii 1619. fol.

leeren Raume, jenſeit deſſen erſt der dichte beſetzte Fixſternhimmel ſeinen Anfang nehme.

Beſonders merkwürdig für den phyſiſchen Aſtronomen ſind die ſogenannten neuen Fixſterne, welche an Stellen des Himmels erſcheinen, wo vorher keine waren. Einen ſolchen verfolgte Tycho de Brahe [a]) ſehr ſorgfältig. Es zeigte ſich dieſer im November 1572 auf einmal, übertraf am Lichtglanze den Sirius und ſelbſt den Jupiter, und war am hellen Tage ſichtbar. Im Decemb. 1572 fieng er an abzunehmen, und im März 1574 verſchwand er endlich gänz. Tycho hat an ſelbigem keine Parallaxe wahrgenommen. Auch Kepler beobachtete einen ſolchen beynähe mit dem nämlichen Glanze erſchienenen Stern am Fuße des Schlangenträgers im Jahre 1604, an welchem er ebenfalls keine Parallaxe entdeckte, und welcher im folgenden Jahre darauf wieder unſichtbar ward. Die Urſache ſolcher Erſcheinungen iſt bis jetzt noch ein Geheimniß.

Was die Fixſternverzeichniſſe betrift, ſo gehören dieſe blos in die Aſtronomie, und ich übergehe daher ihre Geſchichte gänzlich.

a) Progymnaſmata Aſtron. Ffti 1602. 4. LM.

Viertes Kapitel.

Von den Meynungen und Entdeckungen, welche unſere Erde insbeſondere angehen.

Es erhellet bereits aus dem angeführten, daß man beſonders vermöge der Entdeckungen eines Galilei und Kepler mit guten Gründen die Bewegung der Erde um die Sonne, und eine tägliche Umwälzung um ihre Axe annehmen kann. Es befindet ſich alſo die Erde in den nämlichen Umſtänden, wie die übrigen Planeten, und ſie kann folglich mit Recht als ein Planet unſers Sonnenſyſtems angeſehen werden. Was nun aber ihre Geſtalt betrift, ſo haben ſchon die meiſten der berühmteſten Weltweiſen Griechenlands die Kugelgeſtalt derſelben behauptet. Mit großer Wahrſcheinlichkeit ſind ſie auf die Meynung von der Kugelgeſtalt der Erde durch die Mondfinſterniſſe geleitet worden. Denn bey geringer Aufmerkſamkeit fällt es ſehr bald in die Augen, daß dasjenige, was eine Verdunkelung im Monde hervorbringt, nichts weiter als der Erdſchatten ſey, welchen die Erde der Sonne gegen über auf den Mond wirft. Da nun die Grenzen dieſes Schattens ſich jederzeit als Kreisbogen zeigen, ſo iſt auch der Schluß richtig, daß der ganze Schatten ein völliger Kreis ſeyn müſſe. Auſſer der Kugel giebt es aber keinen einzigen Körper, welcher in allen möglichen Lagen einen kreisrunden Schatten wirft; daher beweiſet in der That die Erſcheinung der Mondfinſterniſſe die kugelähnliche Geſtalt der Erde.

Ja

Ja es hat ſogar Ariſtoteles [b]) einen Beweis von der Kugelgeſtalt der Erde a priori zu geben verſucht, welchen ſelbſt Willebrord Snellius [c]) aufgenommen, und ihn auf den Satz des Archimedes [d]), daß die Oberfläche des Waſſers eine kugelrunde Geſtalt annehme, gegründet hat. Archimedes nämlich ſagt, das Waſſer fließe ſtets nach der niedrigſten Stelle d. i. es ſuche ſtets den nächſten Ort an dem Mittelpunkte der Erde. Hieraus folgert er nun, daß es in keinem Theile des Meeres höher oder vom Mittelpunkte entfernter, als in dem andern ſtehen könne; denn ſonſt würde es von den höhern Theilen ab und ſo lange gegen die niedrigeren fließen, bis es an allen Orten einerley Höhe d. i. eine gleiche Entfernung vom Mittelpunkte erlangt habe. Daraus ſey alſo klar, daß alle Stellen des Meeres von einem gemeinſchaftlichen Mittelpunkte gleich weit abſtehen, welches bey keinem andern Körper, als bey einem kugelähnlichen, gedacht werden könne. Allein Varenius [e]) bemerkt hiebey ganz richtig, daß bey dieſem vermeinten Beweiſe der Mittelpunkt der Erde nicht bewieſen, ſondern blos angenommen ſey, und daß folglich aus dieſem Beweiſe nichts weiter erhelle, als daß das Waſſer nach niedrigern Stellen fließe, welche aber überall als gleichlaufend angenommen werden könnten.

Weit richtiger und beſtimmter bewieſen diejenigen die Kugelgeſtalt der Erde, welche ſich einen beſſern Begriff

b) De coelo Lib. II. c. 4.

c) Eratoſthenes Batavus L. I. c. 2.

d) De inſidentibus humido L. I. prop. 2.

e) Geographia generalis Lib. I. c. III.

Begriff von der Schwere, als Ariſtoteles und ſeine Anhänger machten. So ſagt Galilei, unſere Erde ſey deßwegen kugelförmig, weil alle materiellen Theile derſelben ein gleichmäßiges Beſtreben hätten, nach dem Mittelpunkte derſelben zu gehen.

Unter allen übrigen Beweiſen von der Kugelgeſtalt der Erde gab die Erfahrung, und beſonders die Umſchiffung der Erdkugel ſelbſt für den ungebildetſten Theil der Menſchen den beſten Beweis ab. Der erſte, welcher eine ſolche Umſchiffung von Morgen gegen Abend unternahm, war der Portugieſe, Hernand Magellans. Dieſer lief mit ſeiner Flotte den 10ten Aug. 1519 von Sevilla aus, und entdeckte die lange Meerenge an der ſüdlichen Spitze von Amerika, die noch von ihm den Nahmen der magellaniſchen Straße führt. Er verlohr zwar ſein Leben in der philippiniſchen Inſel Sebu, eines von ſeinen Schiffen kam aber doch den 7ten Sept. 1522 wieder nach Spanien zurück. Nachher unternahm auch der Engländer Franz Drake eine Reiſe um die Erde, die er vom Ende des Jahres 1577 bis zum 16ten Sept. 1580 vollendete. Durch dieſe Reiſen ward unwiderſprechlich dargethan, daß die aus Land und Waſſer beſtehende Erdoberfläche überall frey und bewohnbar ſey, und daß folglich die Erde nirgends aufliege, ſondern frey im Weltraume ſchwebe.

Inzwiſchen war es in dieſem Zeitraume noch nicht bekannt, welches die eigentliche Geſtalt unſerer Erde ſey. Man nahm ſie als eine vollkommene Kugel an, ob man gleich ſchon die Umwälzung derſelben um ihre Axe mit Gewißheit behauptete. Erſt durch nachherige Entdeckungen wurde die eigentliche Geſtalt unſerer Erde näher beſtimmt.

Wird

Wird alſo vorausgeſetzt, daß die Erde eine vollkommene Kugel iſt, ſo läßt ſich auch die Größe derſelben finden, wenn man nur die Größe eines Bogens vom Mittagskreiſe kennt. Die Alten beſtimmten die Größe eines ſolchen Bogens durch unmittelbare Meſſungen, wenn ſie zuvor dieſen Bogen durch eine Meſſung am Himmel in Graden gefunden hatten. Allein ihr Verfahren war unſicher. Im Jahre 1525 unternahm der franzöſiſche Arzt Joh. Fernel eine Meſſung, welche Snellius und Riccioli anführen, die aber auf ſehr unſichern Gründen beruht. Er beſtimmte die Polhöhe von Paris, begab ſich hierauf gerade gegen Norden, bis er aus der mittäglichen Sonnenhöhe glaubte, einen Grad weiter gekommen zu ſeyn, und maß den Weg durch die Anzahl der Umläufe ſeines Wagenrades. Nachher haben Maurelycus, Clavius, Bettini, Griemberger, Kepler u. a. verſchiedene geometriſche Methoden angegeben, die Größe der Erdkugel aus Beobachtungen auf Bergen zu finden, welche aber wegen der dabey unvermeidlichen Fehler keiner weitern Erwähnung verdienen. Man findet ſie alle beym Varenius [f]) und Riccioli [g]).

Der erſte, welcher eine richtige Methode zeigte, einen Bogen vom Meridian durch unmittelbare Meſſungen zu finden, war der Holländer Willebrord Snellius. Es beſteht dieſe in der Ausmeſſung eines an der Mittagslinie hinlaufenden Stücks der Erdfläche durch

f) Geographia generalis jux. exemp. Cantabrig. Jenae 1693. 8. L. I. c. IV. p. 37. ſqq.

g) Geographia et hydrographia reformata. L. V. c. 14. ſqq.

durch eine Dreyeckverbindung. Seine Meſſung, welche er im Jahre 1615 unternahm, hat er in einem eigenen Werke [h]) beſchrieben. Die Dreyeckverbindung gieng von Alkmaar nach Leiden und nach Berg op Zoom. Iſt nämlich (fig. 19.) ABCD der Meridian von Alkmaar und B Alkmaar, deſſen Polhöhe 52° 40′ 30″, ſo hat man ſeine Entfernung vom Pole 37° 19′ 30″. Ferner ſey P Berg op Zoom, ſein Meridian APC, die Polhöhe 51° 29′, mithin die Entfernung vom Pole 38° 31′. Zieht man nun PG auf ABG ſenkrecht, ſo iſt die Differenz der Entfernungen vom Pole oder BG = 71′ 30″. Ferner fand Snellius die Entfernung von Alkmaar bis nach Berg op Zoom oder BP = 34710 Rheinl. Ruthen, und den Winkel PBG = 11° 26′ 2″. Man findet alſo in dem rechtwinklichten Dreyecke BPG die Seite BG = 34018, wofür aber Snellius wegen der angenommenen Standpunkte 33930 Ruthen annimmt. Durch dieſe Proportion 71′ 30″ : 60′ = 33930 zur zu ſuchenden Zahl, findet man 28473 für die Länge eines Grades, wofür Snellius 28500 Ruthen annahm. Ob nun gleich dieſes Reſultat viel zu klein ausfiel, wie nachherige ganz genaue Meſſungen erweiſen, ſo gebührt doch dem Snellius die Ehre, dieſen Weg, den nachher alle Geometer betreten haben, zuerſt gegangen zu ſeyn. Die dabey anzuſtellenden trigonometriſchen Berechnungen waren beſonders dem Snellius äuſſerſt mühſam, weil er ſich des Vortheils der Logarithmen noch nicht bedienen konnte. Snellius ſelbſt entdeckte auch Fehler in ſeiner Meſſung und in ſeiner Rechnung; allein der Tod (im Jahre 1626) hinderte ihn, ſelbige zu verbeſſern.

Ober-

h) Eratoſthenes Batavus ſ. de terrae ambitus vera quantitate. Lugd. Batav. 1617. 4.

Oberfläche der Erde.

Den Alten war blos ein Stück feſten Landes bekannt, welches um deswillen auch die alte Welt genennt wird. Es begreift dieſes die drey Welt- oder Erdtheile, Europa, Aſien und Afrika. Erſt im Jahre 1492 entdeckte Chriſtoph Colom ein anderes Stück feſten Landes, welches die neue Welt heißt, und den vierten Welttheil ausmacht. Es hat dieſer Welttheil von dem Florentiner Americo Veſpucci den Nahmen Amerika erhalten. So weit den Alten die Erdfläche bekannt war, finden ſich auch Abbildungen davon. Eine ſolche von dem Alexandriner Agathodämon verfertigte Vorſtellung in 26 Karten trifft man in des Ptolemäi Geographie an. Dieſe Karten ſtellen Europa in 13, Afrika in 4 und Aſien in 12 Blatt vor. Zuſammen machen ſie einen Theil der Oberfläche der Erde aus, welcher von Oſten nach Weſten etwa doppelt ſo groß iſt, als von Norden nach Süden, woher eben die in der mathematiſchen Geographie eingeführten Nahmen Länge und Breite entſtanden ſind. In Anſehung der Länge beträgt dieſer Theil 124 Grade, welche ſehr unrichtig bis auf 180 Grade ausgedehnt ſind, in Anſehung der Breite hingegen 84 Grade. Der äuſſerſte Parallelkreis gegen Norden zu geht durch den 64ſten Grad. Die Verzeichnung endigt ſich mit einer kleinen Inſel über Britannien, Thule, und der Beyſchrift, mare hyperboreum. Rußland und ein Theil von Pohlen fehlen ganz. Die weſtliche Küſte von Afrika geht bis 6½ Grad nördlicher, aber die öſtliche bis 12½ Grad ſüdlicher Breite an das Vorgebirge Braſium. Gegen Oſten endigt ſich Aſien mit der Küſte Comboja, die unterhalb der Linie fortgeht, ſich nach Weſten wendet, und beym Vorgebirge

birge Braſium mit Afrika zuſammenhängt. Durch weitere Fortſchritte in den mathematiſchen Wiſſenſchaften, und beſonders in der Aſtronomie ſind auch die Landkarten verbeſſert worden. Den Grund hierzu legten vorzüglich Sebaſtian Münſter [i]), Ortelius [k]) und Gerhard Mercator zu Löwen. Des leztern Karten edirte Jodokus Hond [l]) in 114 Tafeln.

Beſonders merkwürdig für den Phyſiker ſind die Berge, das Meer, die Seen, Flüſſe und Quellen auf der Oberfläche der Erde. Die Lage der Berge und ihre innere Beſchaffenheit geben unläugbare Beweiſe von der veränderten Geſtalt der Oberfläche der Erde ab. Schon die ältern Geſchichtſchreiber der Erde vermutheten, daß die großen Bergreihen auf der Erdfläche überall in einem Zuſammenhange ſind, und ihre Fortſetzung ſelbſt unter dem Meere ſtatt finde, ſo daß ſie gleichſam das Gerippe vorſtellen, welches der Erdrinde Zuſammenhang und Feſtigkeit giebt. Die eigentliche Beſchaffenheit der Gebirge aber iſt erſt von den neuern Naturforſchern in gehöriges Licht geſezt worden, und kann daher erſt in der Folge angegeben werden. Was die ſo fürchterliche Erſcheinung der Ausbrüche der Vulkane oder der Feuerſpeyenden Berge betrifft, ſo ſuchten die ältern Phyſiker dieſe durch ein in der Mitte der Erdkugel befindliches immerwährendes Centralfeuer zu erklären; dieſes breche nämlich an Orten, wo es keinen hinlänglichen Widerſtand finde, mit der größten Gewalt aus der Erde hervor. —

Man

i) Cosmographia. Baſil. 1550.

k) Theatrum orbis terrarum. Antwerp. 1570. fol.

l) Atlas *Gerhardi Mercatoris.* Amſt. 1604.

Man begreift leicht, daß dieſe Erklärung von der Entſtehung der Vulkane durch die ſchleunigen Fortſchritte in den Theilen der Phyſik, welche zur richtigern Erklärung dieſer Erſcheinung nöthig waren, bald verdrängt wurde. — Daß mit den feuerſpeyenden Bergen die Erdbeben in genauer Verbindung ſtehen, erkannten auch ſchon die Alten, und erklärten daher dieſe Erſcheinung eben ſo, wie die der Vulkane.

Den größten Theil der Erdoberfläche nimmt bey weitem das Waſſer ein, welches das große Weltmeer ausmacht. Von der Tiefe des Meeres haben die ältern Naturforſcher verſchiedene Meynungen gehabt. Jul. Cäſ. Scaliger [m]) glaubt, daß ſie ſelten über 80 Schritte gehe, und höchſtens auf 100 Schritte ſich erſtrecke. Dagegen behaupten Johann Boterus [n]), Cottunius [o]) u. a. daß die Tiefe des Meeres meiſtentheils über 500 Schritte gefunden werde, ſelten aber bis auf eine Meile gehe; letzteres glaubten ſie deßwegen behaupten zu können, weil die Vorſehung die Thäler und Schluchten vorzüglich zu Behältern des Waſſers eingerichtet habe, die Höhe der Berge aber, zwiſchen welchen das Waſſer eingeſchränkt ſey, nie über 1500 Schritte gehe. Allein in der Folge haben wirkliche Ausmeſſungen gelehrt, daß es auf der Erde Berge von weit größerer Höhe giebt. Ueberdem hat man auch gar keinen Grund, von der Höhe der Berge auf die Tiefe des Meeres zu ſchließen. Neuere Verſuche haben gezeigt, daß die Tiefe des Meeres überhaupt ſehr verſchieden iſt.

Woher

m) Exercitationes de ſubtilitate ad *H. Cardanum*. exerc. 38.

n) Relationes de mari.

o) Meteoror. lib. I. lect. 17.

Woher ferner das Meerwaſſer ſein Salz erhalten habe, darüber hat man ebenfalls verſchiedene Meynungen gehabt. Die Peripatetiker glaubten, daß das Salz von der Wirkung der Sonne durch Austrocknungen auf dem trocknen Lande und nachher erfolgten Regen ins Meer gebracht würde; andere, als Bodinus p), meinen, das Meerwaſſer ſey von Gott ſalzig geſchaffen worden; einige, wie Cardanus q), ſind der Meynung, es gebe auf dem Grunde des Meeres Salzlager und Salzberge, welche vom Waſſer nach und nach aufgelößt würden; endlich behaupten noch einige, das Salz im Meere werde durch einen uns unbekannten chemiſchen Prozeß erzeugt.

Wichtiger für den Naturforſcher ſind die verſchiedenen Bewegungen des Meerwaſſers. Den Alten waren drey Hauptbewegungen deſſelben bekannt; die erſtere, da das Waſſer abwechſelnd ſteigt und ſich dann wieder ſetzt; die andere, die Bewegung des Waſſers von Morgen gegen Abend und die dritte die von den Polen gegen den Aequator. Andere bekannte Bewegungen des Meerwaſſers, welche von ganz bekannten Urſachen, als z. B. von Winden, Erdbeben u. d. gl. herrühren, werden hier nicht weiter erwähnt.

Was die erſte Hauptbewegung des Meeres betrifft, welche Ebbe und Fluth genennet wird, ſo wurde ſie beſonders den Römern zuerſt recht bekannt, und Plinius führt alle Erſcheinungen derſelben umſtändlich an. Ich halte es für nöthig, ſie hier ebenfalls kurz anzuzeigen, um daraus erſt recht einzuſehen, wie man durch allmählige Entdeckungen auf die wahre Urſache

p) Theatrum naturae lib. II.

q) De ſubtilitate lib. II.

Urſache dieſer ſo wichtigen Naturbegebenheit gekommen iſt. Es giebt in der That wenige Naturbegebenheiten, deren Urſache ſo evident ſelbſt durch die Anwendung der erhabenſten Mathematik erwieſen iſt, als eben die Erſcheinung der Ebbe und Fluth. — Das Meerwaſſer erhebt ſich einige Stunden lang immer mehr und mehr, ſo daß es ſeine Küſten oft auf eine ſehr beträchtliche Weite überſchwemmt, nachher ſteht es gleichſam wol auf eine Viertelſtunde lang ſtill; hierauf fällt es wieder einige Stunden immer mehr und mehr und zieht ſich von den Küſten zurück. Die Erhebung des Waſſers heißt **Fluth**, ſein Fallen **Ebbe**, und beyde wechſeln ohne Unterlaß ab, ſo daß man an einem jeden Orte binnen einer Zeit von etwa 24¾ Stunden zweymal Ebbe und Fluth hat. Den höchſten Stand, welchen das Waſſer bey der Fluth erreicht, nennt man die **hohe Fluth**, die **hohe** oder **volle See**, welche hiernächſt binnen 6 Stunden wieder abläuft, und dadurch Ebbe macht. Der niedrigſte Stand, auf welchen das Waſſer bey der Ebbe kömmt, heißt die **tiefe See**, auf welche ſodann die Fluth wieder erfolgt. Die hohe Fluth, welche an ein und eben demſelben Orte an einem gewiſſen Tage zu einer gewiſſen Stunde ſtatt fand, kömmt den folgenden Tag etwa um ¾ Stunden ſpäter, und ſo fällt hohe Fluth und tiefe See nach und nach immer auf andere Stunden, bis etwa nach 30 Tagen dieſelbe wieder um eben dieſelbe Zeit eintritt. Während der Fluth tritt das Waſſer des Meeres in die Mündungen der Flüſſe, welche ſich ins Meer ergießen, zurück; während der Ebbe aber bekommen dieſe Flüſſe ihren völligen freyen Ablauf wieder. Ueberhaupt lehrt die Erfahrung, daß bey der Ebbe und Fluth an denjenigen Orten, wo die Bewegung des Waſſers nicht durch Meerengen, Inſeln,

Vorgebirge und andere Hinderniſſe abgehalten wird, drey ſehr merkwürdige und regelmäßige Perioden eintreten, nämlich eine tägliche, monatliche und eine jährliche. Die tägliche iſt eben die angeführte zweymalige Abwechſelung der Ebbe und Fluth, die binnen 24¾ Stunden erfolgt. Die Dauer derſelben ſtimmt vollkommen mit dem Zeitraume zwiſchen zwey auf einander folgenden Durchgängen des Mondes durch den Mittagskreis überein. Nach dem Durchgange des Mondes durch den Mittagskreis eines Ortes erfolgt nämlich allemal Fluth, und wegen der täglichen Fortrückung des Mondes von Weſten nach Oſten kommt es eben, daß an ein und eben demſelben Orte die höchſte Fluth etwa ¾ Stunden ſpäter eintritt. Bey der monatlichen Periode iſt die Bewegung des Waſſers des Oceans in jedem Monate zweymal am ſtärkſten, und zweymal am ſchwächſten. Die ſtärkſten Fluthen erfolgen etwa um den Neumond oder Vollmond, richtiger nach 1½ Tage des Neu- und Vollmondes; die ſchwächſten aber zur Zeit des erſten und letzten Viertels oder richtiger 1½ Tag nach dem erſten und dem letzten Viertel. Befindet ſich zur Zeit des Neu- und Vollmondes der Mond in der Erdnähe, ſo wird die Verſtärkung der Fluth ſehr beträchtlich. Was die jährliche Periode betrifft, ſo lehrt die Erfahrung, daß die Fluthen um die Zeit der Nachtgleichen in dem Neu- und Vollmonde viel ſtärker, in den Quadratſcheinen aber viel ſchwächer als ſonſt werden; im Gegentheil ſind ſie um die Zeit der Sonnenwenden im Neu- und Vollmonde ſchwächer und in den Quadratſcheinen ſtärker als ſonſt. Ferner lehrt noch die Erfahrung, daß in Rückſicht der täglichen Periode die hohe Fluth an den öſtlichen Küſten ſich eher ereignet, als an den weſtlichen, daß ſie zwiſchen den Wendekreiſen für Oerter,

welche

welche in gleichen Mittagskreiſen liegen, zu gleicher Zeit, in den gemäßigten Zonen in größerer Breite aber ſpäter eintrifft, als in geringerer Breite, und über 65 Grade Breite hinaus beynahe gar nicht mehr merklich iſt. In Anſehung der monathlichen Periode bemerkt man, daß die Fluth in den Quadratſcheinen bis zu dem Neu- und Vollmond ſo wie in den Quadratſcheinen ſelbſt drey Stunden nach der Culmination des Mondes eintritt. Was endlich die jährliche Periode betrifft, ſo lehrt die Erfahrung, daß die Fluthen bey der Winterſonnenwende ſtärker als bey der im Sommer ſind; daß ſie deſto ſtärker werden, je näher der Mond der Erde und je geringer die Breite des Mondes iſt; daß ſie am ſtärkſten ſind, wenn die Nachtgleiche mit dem Neu- und Vollmonde und mit der Erdnähe zuſammen fällt; und daß ſie in den Ländern gegen Norden, wenn der Neu- und Vollmond eingetreten iſt, im Sommer des Abends ſtärker als des Morgens, im Winter aber des Morgens ſtärker, als des Abends, ſind.

Alle dieſe erwähnten Erſcheinungen ließen beynahe bey allen, welche von der Ebbe und Fluth reden, die Vermuthung zurück, daß ſie größtentheils vom Laufe des Mondes abhange. Allein es war ihnen ganz unbegreiflich, wie ein ſo entfernter Körper auf unſere Erde eine ſolche Wirkung hervorzubringen im Stande ſey; daher ſuchten ſie die Urſachen der Ebbe und Fluth theils in den Winden, theils in der Lage der Küſten, theils in der Erwärmung und Erkältung des Meerwaſſers, theils in der Zurückwerfung des Lichts von dem Waſſer, theils in den Meeresdünſten u. d. gl. ſo daß ſie alle dieſe Urſachen mit dem beobachteten regulären Laufe des Mondes auf eine ängſtliche Weiſe zu verei-

nigen

nigen ſuchten. Ja es glaubten einige die Erſcheinung der Ebbe und Fluth dadurch erklären zu können, daß ſie ſagten, das Meer ahme die himmliſchen Bewegungen nach, in welchen ſich drey ähnliche Perioden befänden. Die erſte Veranlaſſung zur nachherigen Entdeckung der wahren Urſache dieſer ſo wichtigen Erſcheinung gab ebenfalls das copernicaniſche Syſtem. Galilei [r]) ſucht ſogar aus der Ebbe und Fluth die Bewegung der Erde zu beweiſen. Dabey führt er folgenden Verſuch an: wenn man ein offenes mit Waſſer gefülltes Gefäß nach der einen Seite ſchneller bewegt, als das Waſſer im Gefäße nachfolgen kann, ſo ſteigt das Waſſer an der entgegengeſetzten Seite des Gefäßes in die Höhe, und ſammlet ſich daſelbſt an. Daher, ſagt er, entſtehe Ebbe und Fluth, wenn ſich die Erde geſchwinder bewege, als ihr das Waſſer folgen könne. So werde der tägliche Zu- und Abfluß des Meereswaſſers durch die tägliche Umdrehung der Erde um ihre Axe bewirkt; durch beyde Bewegungen der Erde aber, nämlich durch die um ihre Axe und durch die fortſchreitende jährliche um die Sonne, entſtünden die monathliche und jährliche Periode. Es beſtätige daher auch umgekehrt die Erſcheinung der Ebbe und Fluth die beyden Bewegungen der Erde. Bacon von Verulamio iſt zwar mit dem Verſuche des Galilei zufrieden, er behauptet aber, daß ſeine Theorie überhaupt falſch ſey, und nimmt vielmehr die Unbeweglichkeit der Erde an [s]). In Rückſicht der Ebbe und Fluth ſagt er zwar, daß die ſtärkern Fluthen um den Neu- und Vollmond mit dem Laufe des Mondes, die

um

r) Dialogus de ſyſtemate mundi. Lugd. 1641. 4.

s) Sylva ſylvarum ſ. hiſtoria naturalis. Centur. VIII. cap. 791. in opp. Francof. ſol. p. 919.

um die Zeit der Nachtgleichen mit dem Laufe der Sonne, und überhaupt die bald ſtärkern und ſchwächern Fluthen mit den Apogäen und Perigäen dieſer Himmelskörper in genauer Verbindung zu ſeyn ſchienen; allein man könne doch noch nicht daraus folgern, daß dieſe himmliſchen Körper die wirkliche Urſache von der Ebbe und Fluth wären. Vielmehr ſucht Bacon durch weitläuftige Wendungen, die an ſich unbedeutend ſind, zu erweiſen, daß die Ebbe und Fluth von der gegenſeitigen Lage der alten und neuen Welt abhange [t]). Am richtigſten und beſtimmteſten, unter allen in dieſem Zeitraume, giebt Simon Stevin die Urſache von der Erſcheinung der Ebbe und Fluth an [u]). Wenn er nämlich beſtimmen will, in welcher Stunde des Tages die Fluth an einem Orte in jeder beliebigen Breite eintreten werde, ſo war dieß ihm nur unter der Vorausſetzung möglich, daß der Mond das Meerwaſſer ſtetig anzöge. Dieſer Vorausſetzung gemäß folgen 1. unter dem Aequator Ebbe und Fluth immer $6\frac{1}{4}$ Stunde auf einander, 2. von dem Aequator an bis zu der Breite von 61° 30′ iſt der Zeitraum von der Fluth zur Ebbe 3 Stunden 55 Minuten, und von dieſer Ebbe bis zur nächſten Fluth 8 Stunden 5 Minuten, 3. von der Breite 61° 30′ an bis in die Nähe des Pols verfließen allemal 12 Stunden zwiſchen der Ebbe und Fluth, 4. unter dem Pole ſelbſt, der unbeweglich iſt, kommt die Fluth nicht eher, als wenn der Mond ſich in denjenigen Stellen ſeiner Bahn befindet, welche dem Pole am nächſten oder von demſel-

t) De fluxu et refluxu maris. in opp. p. 639. ſqq.

u) Traité de la theorie des marées in den oevr. à Leide 1634. fol. Vol. II. p. 177. ſqq.

ſelben am weiteſten ſind d. h. wenn der Mond vom Aequator am weiteſten abſteht, oder ein Mondſtillſtand ſtatt findet. Hingegen tritt die Ebbe ein, wenn ſich der Mond im Aequator beweget. Mithin verfließen zweymal in einem Monate 7 Tage von der Fluth bis zur Ebbe, und eben ſo viele Tage von der Ebbe bis zur Fluth. Ferner zeigt Stevin, daß um die Zeit des Neu- und Vollmondes die Fluth deßwegen ſtärker ſey, weil zu dieſer Zeit der Mond eine größere Anziehung gegen das Meerwaſſer ausübe. Auch ſucht Stevin die Gründe anzugeben, warum die Ebbe und Fluth in geringen Waſſern nicht ſo merklich, wie im Weltmeere ſey; bey dieſer Unterſuchung ſcheint er aber nicht conſequent genug zu ſeyn. Endlich erklärt er noch die verſchiedenen Abänderungen oder Ausnahmen in Rückſicht des allgemeinen Ganges des Meerwaſſers bey dieſer Bewegung; warum ſie in gewiſſen Gegenden in der entgegengeſetzten Richtung geſchehe; warum ſie eher in gewiſſen öſtlichen Strichen, als in den weſtlichen eintrete; und warum ſie in andern Strichen nur einige Tage nach dem Neu- oder Vollmonde ſtatt finde. Einige Jahre darauf hatte auch Kepler den Gedanken, die Ebbe und Fluth für eine bloße Wirkung des Mondes zu halten x). Er ſagt, der Mond würde das ganze Waſſer des Weltmeeres an ſich ziehen, wenn es nicht durchs Anziehen der Erde zurückgehalten würde. Dieſe Vermuthung über die Urſache der Ebbe und Fluth hat er jedoch weiter keiner Unterſuchung unterworfen, ſondern vielmehr an andern Stellen nach ſeiner Gewohnheit in dichteriſchen Ausdrückungen davon geſprochen.

Was

x) Aſtron. nova tradita commentar. de motu ſtellae Martis. Pra. 1609. fol.

Was die andere Bewegung des Meerwaſſers vom Morgen gegen Abend betrifft, welche man gewöhnlich Ströme (courans) nennt, ſo unterſchieden ſchon die älteſten Seefahrer ſelbige genau von den übrigen Bewegungen des Meerwaſſers. Dieſer Strom verurſacht, daß man weit geſchwinder von Amerika nach den Molucken ſeegelt, als von dieſen zu jenem u. ſ. f. Die Urſache dieſer Bewegung ſetzt Bacon von Verulamio y) im bloßen Zuſammendrängen des Waſſers und in der Befreyung deſſelben. Es komme hierbey blos auf die Lage der Gewäſſer, ihrer Ufer, der Küſten, hervorragenden Inſeln, Klippen und andern zufälligen Umſtänden an, an welche das in beſtändiger Bewegung begriffene Meerwaſſer anſchlage, daſelbſt zuſammengedruckt werde, und nach der Befreyung des Drucks nach einer gewiſſen Gegend hin einen Strom veranlaſſe, welcher noch beſonders durch beſtändige Winde nach dieſer Gegend vergrößert werde. Bacon betrachtet daher die Ströme als blos zufällig. Richtigere Meynungen können erſt in der Folge angegeben werden.

Was endlich die dritte Bewegung des Meeres von den Polen gegen den Aequator betrifft, welche von den ältern Seefahrern angeführt, von den neuern aber nicht mehr erwähnt wird, ſo haben ſie die meiſten daraus hergeleitet, daß unſere Erde gegen die Pole hin erhabener wäre, als gegen den Aequator, ſo daß folglich ein beſtändiger Abfluß von den Polen gegen den Aequator ſtatt finden müſſe. In den neuern Zei-

y) De fluxu et refluxu maris, in opp. p. 639. ſq.

Zeiten aber hat man dieſen Strom von ganz andern Urſachen herzuleiten geſucht, wovon in der Folge.

Daß die Flüſſe und meiſten Bäche des feſten Landes ihren Urſprung von den Quellen haben, iſt eine ganz bekannte Sache. Weil nun beynahe alle Flüſſe ins Meer ſich ergießen, ſo müſſen nothwendig die Quellen um ein beträchtliches höher als das Meer liegen. Auch lehrt die Erfahrung, daß die Quellen an und neben Bergen, oder doch wenigſtens an ſanſt aufſteigenden Anhöhen entſpringen. Hier entſteht alſo nun die wichtige Frage, wie das Waſſer auf eine ſo beträchtliche Höhe über die Meeresfläche gebracht werden könne, ſo daß die meiſten und beträchtlichſten Quellen nie verſiegen? Dieſe Frage iſt von jeher verſchieden beantwortet worden. Ariſtoteles und die Peripatetiker glauben, daß die Quellen mit der größten Wahrſcheinlichkeit ihr Waſſer vom Regen, Schnee und andern wäſſerigen Theilen aus dem Luftkreiſe erhalten, welche die Berge oder hohen Orte einziehen, und in Behälter einſchließen. Ueberdem könnte auch vielleicht noch die Luft, welche die in den Bergen eingeſchloſſenen Behälter enthielten, in Waſſer verwandelt werden. Die Gründe dieſer Meynung ſind nach ihnen folgende: 1. ſey es eine bekannte Sache, daß aus der Luft durch Verdichtung mittelſt der Kälte Regen entſtehe; da aber in den Hölen der Erde ebenfalls Luft enthalten ſey, ſo könne es auch keinem Zweifel unterworfen ſeyn, daß die Luft aus gleichem Grunde in Waſſer verwandelt werden könne, 2. lehre die Erfahrung, daß in der Erde aus kleinern Waſſertröpfchen größere ſich bildeten, und ſich in einem Theile der Erde nach und nach zu einer wirklichen Waſſermaſſe anſammleten, und 3. wären die meiſten Quellen an

Bergen anzutreffen, welches hinreichend anzeige, daß ſie ihr Waſſer durch Verdichtung der Luft oder des Dampfes erhielten; denn der Dampf ſteige vermöge ſeiner Natur in die Höhe, und werde durch die Berge im verdichteten Zuſtande oder als Waſſer wie von einem Schwamme eingeſogen. Cardanus und andere ſind der Meynung, daß die Quellen ihr Waſſer von kleinen Bächen erhielten, welche aus wäſſerigen Dünſten ſowol in dem Innern der Erde als auch auſſerhalb derſelben entſtünden. Es ſey aber keinesweges möglich, daß die Quellen allein Flüſſe bilden könnten, woferu nicht Regen- oder Schneewaſſer ſich mit dem Quellwaſſer zugleich vereinige. Noch eine ältere Meynung, welche Vitruv [z]) angiebt, muß ich deßwegen anführen, weil ſie in der Folge für die wahrſcheinlichſte gehalten worden iſt. Dieſer ſucht nämlich den Urſprung der Quellen blos in dem Regen- und Schneewaſſer, welches ſo lange in die Erde eindringe, bis es auf Stein- Erd- und Thonſchichten komme, wo es ſich anſammle und zuletzt genöthiget werde, ſich ſeitwärts Oeffnungen zu machen, um durch ſelbige abzufließen. Auf den Bergen könne ſich das Regenwaſſer oft anſammlen, und eine Zeitlang aufhalten, wodurch es tiefer in die Erde einzudringen vermöge. Auch finde dieß beym Schnee ſtatt, welcher ſich auf den Bäumen der Gebirge anhäufe, und nur langſam ſchmelze.

Atmosphäre der Erde.

Daß unſere Erde mit einer feinen flüſſigen elaſtiſchen und durchſichtigen Materie umgeben ſey, war bekannt. Man hatte ſie aber ſelbſt in dieſem Zeitraume

z) De architectura lib. VIII. cap. I.

me in Anſehung ihrer Eigenſchaften noch gar nicht weiter unterſucht. Obgleich einige wenige die Schwere der Luft erkannt hatten, ſo waren ſie doch nicht ſo glücklich, diejenigen Erſcheinungen, welche davon abhangen, daraus abzuleiten, wie bereits ſchon unter dem Artikel, **Gleichgewicht und Bewegung der Luft** iſt angeführt worden. Entdeckungen der chemiſchen Eigenſchaften der Luft können erſt in der Folge angezeigt werden. In dieſem Artikel werde ich blos anführen, auf welche Art man die Höhe des Luftkreiſes zu beſtimmen geſucht hat. In der angenommenen Epoche war aber noch keine andere Methode, die Höhe des Luftkreiſes zu finden, bekannt, als die, welche ſchon der Araber **Alhagen** [a]) vorgetragen hat, und welche ſich auf die Theorie der Dämmerung gründet. Man nimmt nämlich vermöge der Erfahrung an, daß ſo wol die Morgen- als Abenddämmerung ſtatt finde, wenn die Sonne eine ſenkrechte Tiefe von ohngefähr 18° unter dem Horizonte des Ortes erreicht habe. Es ſey nämlich (fig. 20.) lba der Horizont für den Ort a, und es komme der letzte Strahl der Sonne ba beym Ende der Dämmerung dem Beobachter in a ins Auge, ſo findet ſich folglich die Sonne bereits 18° unter dem Horizonte lba. Der letzte Strahl der Sonne trifft alſo den Horizont lba unter dem Winkel lbſ = 18°, und wird von der Luft bey b nach a hingeworfen, ſo daß ſbc = cba. Man hat aber cba = $\frac{1}{2}$ abſ = $\frac{1}{2}$ (180° − ſbl) = 90° − $\frac{1}{2}$ ſbl, und den Winkel c = 90° − cba = $\frac{1}{2}$ ſbl = 9°. Daraus ergiebt ſich in dem rechtwinklichten Dreyecke acb

bc : ca = ſec. 9° : ſin. tot. = ſec. 9° : 1,

und

a) De crepuſculis. prop. ult. in *Riſneri* theſaur. optic. Baſ. 1572. fol.

und der Unterſchied zwiſchen cb und ca oder die Höhe der Atmoſphäre cb — ca = bd = ca (sec. 9° — 1) = 0,0124625. ca d.i. beynahe $\frac{1}{80}$. ca. Wenn man nun den Halbmeſſer der Erde ca = 3269200 Toiſen ſetzt, ſo beträgt die Höhe der Atmoſphäre ohngefähr $\frac{3269200}{80}$ = 4086 Toiſen oder $20\frac{2}{5}$ franzöſ. Meilen. Dagegen erinnert aber Kepler [b]) ganz richtig, daß man auch auf die Brechung der Lichtſtrahlen la und fb ſehen müſſe. Nach ſeiner Rechnung, welche er darüber angeſtellt hat, findet er die Höhe der Atmoſphäre 10 Meilen, welche er aber verwirft, weil er ſich einbildet, die Luft könne ſich nur bis zu einer Höhe von einer halben Meile erſtrecken.

Die Erdkugel, als Planet betrachtet.

Vermöge der wichtigen Regeln, welche Kepler entdeckte, war man gezwungen, unſere Erde als einen wirklichen Planeten zu betrachten, welcher, wie alle übrigen Planeten, in einer elliptiſchen Bahn ſich um die Sonne bewege. Sie durchläuft alſo ihre Bahn in einem Jahre oder ohngefähr in $365\frac{1}{4}$ Tagen einmal. Auſſer dieſer Bewegung um die Sonne drehet ſie ſich täglich einmal um ihre Axe, und verurſacht dadurch alle die ſcheinbaren Bewegungen, die wir an allen Fixſternen wahrnehmen. Die Axe ihrer täglichen Umdrehung ſteht aber nicht, wie längſt bekannt war, auf der Axe ihrer jährlichen Bahn ſenkrecht, ſondern neigt ſich vielmehr um einen Winkel von etwa $23\frac{1}{2}°$ gegen diejenigen Himmelsgegenden, in welchen die Weltpole ſtehen. Dieſe ſchiefe Stellung der Erdaxe, wel-

b) Epitome aſtronomiae Copernicanae, Lent. ad Danub. 1618. 8. p. 74.

welche an allen Orten der Erdbahn gegen die Ebene derſelben eine beynahe unveränderliche Neigung behält, und mithin faſt jederzeit unter ſich parallel bleibt, verurſacht, daß ſich die Ebene der Ecliptik mit der Ebene des Aequators unter eben dem Winkel von $23\frac{1}{2}^{\circ}$ zu durchſchneiden ſcheint; daher kommt es uns vor, als ob die Sonne etwa vom 21ten März an bis zum 21ten Juni um $23\frac{1}{2}^{\circ}$ über dem Aequator in der nördlichen Kugel hinaufſteige, vom 21ten Septemb. aber bis zum 21ten Decemb. um eben ſo viele Grade in die ſüdliche Halbkugel hinabgehe. Hierinn liegt nun der Grund von den Abwechſelungen der Tageslängen, und der verſchiedenen Jahrszeiten auf unſerer Erde, wodurch ſchon die Alten veranlaßt wurden, die Erdfläche in verſchiedene Climaten einzutheilen. Sie verſtanden darunter ſchmale Erdgürtel, deren Grenzen Kreiſe ſind, die mit dem Aequator parallel gehen; ſo daß von einer Grenze bis zur andern die Zeitdauer des längſten Tages um $\frac{1}{2}$ Stunde zunahm. So erſtreckt ſich alſo das erſte Clima vom Aequator, wo die Tageslänge jederzeit 12 Stunden iſt, bis an den Parallelkreis, wo der längſte Tag $12\frac{1}{2}$ Stunde dauert; das zweyte von dieſem Parallelkreis bis zum folgenden, wo der längſte Tag 13 Stunden hat u. ſ. f. Die Alten glaubten nämlich, daß Oerter und Länder, welche in ein und demſelben Clima lägen, gleich warm oder gleich kalt wären. Dieſer Eintheilung gemäß kommen vom Aequator an gerechnet bis an jeden Polarkreis, wo der längſte Tag 24 Stunden dauert, 24 Climaten. Innerhalb der Polarkreiſe wächſt der längſte Tag ſo ſchnell, daß er einen Grad nach den Polen zu ſchon einen Monat lang iſt. Deßwegen haben einige die kalten Zonen noch in 6 Climaten getheilt, in deren jedem vom Anfange bis zu Ende der längſte Tag um

einen

einen Monat wächſt. Mehrere Nachrichten von dieſen Eintheilungen findet man beym Varenius c) und Riccioli d). Auch führt letzterer verſchiedene Schriftſteller an, welche davon gehandelt haben.

Allein ſchon Vitruv e) wollte mit dieſer Eintheilung der Alten nicht zufrieden ſeyn, er bemerkte vielmehr dabey, daß man bey der Eintheilung der Erdfläche in Climaten nicht ſo wol auf die Veränderlichkeit der Tageslängen, als vielmehr auf das einem Orte eigene Verhalten der Witterung, in Rückſicht der Wärme und Kälte, Abwechſelungen der Jahrszeiten, Trockenheit und Feuchtigkeit der Luft, Fruchtbarkeit u. ſ. w. zu ſehen habe. Ob nun gleich die nachherigen geographiſchen Schriftſteller auf dieſe Bemerkung des Vitruvs vorzügliche Rückſicht nahmen, ſo behielten ſie doch noch immer die Eintheilungen der Erdfläche in Climaten durch Kreiſe, die mit dem Aequator parallel giengen, bey, deren Anzahl faſt bey einem jeden verſchieden iſt. Erſt in den neuern Zeiten hat man wenigere Rückſicht auf Parallelkreiſe genommen, und überhaupt die Umſtände genauer zu beſtimmen geſucht, durch welche ſo auffallende Verſchiedenheiten in Rückſicht des Clima ſtatt finden.

Meynungen über die Entſtehung und Bildung der Erde.

Man hat von jeher verſchiedene Meynungen über die Entſtehung und Bildung der Erde gehabt. Viele von den ältern Meynungen haben die neuern Phyſiker wie-

c) Geographia generalis. ſect. VI. cap. 25.

d) Geographia et hydrograph. reform. lib. VII. cap. 9.

e) De architectura. lib. I. cap. 1.

wieder hervorgeſucht, und durch neuere Entdeckungen weiter zu beſtimmen ſich bemühet. So glaubten einige von den griechiſchen Weltweiſen, daß anfänglich unſere Erde aus Waſſer beſtanden habe, welches ſich nach und nach in Hölen und Schlünden verlaufen, worauf alsdenn das feſte Land zum Vorſchein gekommen ſey, und Pflanzen und Thiere entſtanden wären. Noch andere nahmen an, die Erde ſey anfänglich Luft geweſen, welche ſich nach und nach durch Erkältung verdichtet, und daraus Waſſer und feſter Boden entſtanden ſey. Noch andere glaubten, die Erde habe anfänglich aus Feuer beſtanden. Verſchiedene, welche der Chemie zugethan waren, wie Paracelſus, waren der Meynung, daß alle mögliche Körper aus Salz, Schwefel und Merkurius zuſammengeſezt wären. Die Peripatetiker beſonders nahmen die vier Elemente, Erde, Waſſer, Luft und Feuer an, aus welchen alle möglichen Körper entſtanden wären. Neuere Hypotheſen von der Entſtehung und Bildung der Erde werden in der Folge angeführt werden.

Zweyter Abſchnitt.

Von den Entdeckungen und Meynungen in der beſondern Phyſik.

Erſtes Kapitel.

Entdeckungen und Meynungen in der Lehre vom Lichte.

Allgemeine Eigenſchaften des Lichts.

Es giebt eine große und ergötzende Menge von Erſcheinungen, welche ſich auf die Eigenſchaften des Lichts gründen, und welche ſchon den erſten Beobachter der Naturdinge aufmerkſam machen mußten. Indeſſen waren die erſten Unterſuchungen über dieſen wichtigen Gegenſtand von keiner großen Bedeutung. Die Griechiſchen Weltweiſen hatten von der Natur des Lichts nicht einerley Meynung. Unter allen aber hat Ariſtoteles am meiſten von dem Lichte geredet. Seine Gedanken darüber ſind jedoch ſo dunkel ausgedrückt, daß man ſie auf verſchiedene Art auszulegen geſucht hat. Die Scholaſtiker beſonders wurden dadurch veranlaßt, das Licht als etwas Unkörperliches, oder als keine Subſtanz, ſondern vielmehr für eine Qualität zu halten, und in den Körpern ſelbſt etwas zu ſuchen, was mit der Empfindung des Auges und mit den Farben analog iſt. Selbſt die erſten Neuerer der Phyſik haben ſich über die Natur des Lichts nicht weiter herausgelaſſen; daher ſich auch Bacon von Verulamio

lamio [f]) darüber beklagt, daß man zu ſeiner Zeit die phyſikaliſchen Unterſuchungen über die Natur des Lichts vernachläſſige, und ſelbiges blos mathematiſch betrachte. Bis dahin waren blos folgende Eigenſchaften des Lichts bekannt: 1. daß es ſich von dem leuchtenden Körper aus nach allen Richtungen hin in geradlinichten Strahlen verbreite, 2. daß es von der Oberfläche eines glatt polirten Körpers unter dem nämlichen Winkel zurück geworfen werde, unter welchem es auffiel, und 3. daß es in eine andere Lage gebrochen werde, wenn es aus einem durchſichtigen Mittel in ein anderes übergeht. Nach welchem Geſetze aber dieſe Brechung des Lichts erfolge, war noch nicht bekannt. Die Beſchaffenheit des damaligen Zuſtandes der Lehre vom Lichte überhaupt läßt ſich am beſten aus den Fragen beurtheilen, welche Bacon von Verulamio den Phyſikern zur weitern Unterſuchung vorlegt [g]).

1) Solle man die Eigenſchaften derjenigen Dinge unterſuchen, welche Licht um ſich verbreiten, wie z. B. die Sterne, feurige Meteore, die Augen einiger Thiere, einige Arten von faulem Holze u. d. gl.

2) Solle man auch Unterſuchungen über diejenigen Dinge anſtellen, welche kein Licht hervorbringen, ob ſie gleich mit denjenigen Dingen, welche Licht erzeugen, eine auffallende Aehnlichkeit beſäßen. So gäbe ſiedendes Waſſer kein Licht von ſich, ſo wie auch ſehr erhitzte Luft nicht u. ſ. f.

3)

f) De dignitate et augmentis ſcientiarum libri IX. in opp. Franc. 1665. fol. p. 119.

g) De interpretatione naturae. ib. p. 746. ſqq.

3) Solle man die Urſachen aufſuchen, warum manches Licht eine größere Intenſität beſitze, anderes hingegen ſchwach ſey. So zeige die Flamme des Holzes ein ſtarkes, des Weingeiſtes aber ein ſchwächeres Licht.

4) Solle man ferner über die Farben des Lichts Unterſuchungen anſtellen. Einige Sterne z. B. hätten ein blendend weißes Licht, andere ein röthliches, noch andere ein bleyfarbiges u. ſ. f. der Schwefel zeige ein ſchön bläuliches Licht, andere Körper gäben ein purpurrothes Licht von ſich u. ſ. f.

5) Solle man auch auf diejenigen Körper ſeine Aufmerkſamkeit richten, welche das Licht zurückwerfen, wie z. B. die Spiegel, das Waſſer, polirte Metalle, der Mond, und überhaupt alle ſehr ebene und glatte Körper. Hiebey ſolle man beſonders Rückſicht darauf nehmen, ob das Licht eines leuchtenden Körpers von einem andern leuchtenden Körper reflektirt werden könne, wie z. B. wenn glühendes Eiſen gegen die Sonnenſtrahlen gehalten würde.

6) Solle man auch über die Vermehrung des Lichts Unterſuchungen anſtellen, ob z. B. mehrere leuchtende Körper das Licht vermehren, beſonders in dem Falle, wenn der eine leuchtende Körper eine ſolche Lichtſtärke beſitze, daß ſie das Licht der übrigen gleichſam verdunkelt.

7) Solle man auch unterſuchen, auf welche Art und Weiſe das Licht verdunkelt werde, wie z. B. durch eine größere Stärke des Lichts u. ſ. f.

8) Solle man über die Wirkungen des Lichts Unterſuchungen anſtellen, welche der Anzahl nach nur gering zu ſeyn ſchienen. So werde die Luft durchs

Licht

Licht verdünnet, und jede Farbe ſey ein gebrochenes Bild des Lichts u. ſ. f.

9) Solle man unterſuchen, ob ſich das Licht an einem Orte verweilen könne. Es ſchiene das Licht momentan zu ſeyn. Denn es möge Licht in einem Zimmer viele Stunden lang ſich aufhalten, ſo werde es doch nicht mehr erleuchtet, als wenn das Licht nur einen Augenblicke daure; welches aber bey der Wärme ſich anders verhalte. Gleichwol wären aber doch einige der Meynung, daß die Dämmerung eine Wirkung vom zurückgelaſſenen Sonnenlichte wäre.

10) Solle man auch Unterſuchungen über die Wege und Fortpflanzungen des Lichts anſtellen; ob ſich das Licht nach allen möglichen Richtungen gleichförmig verbreite. Das Licht erleuchte alle um daſſelbe ſich befindenden Gegenſtände, ja ſelbſt diejenigen, welche im Schatten, den ein dunkler Körper werfe, lägen; Es müßten alſo dieſe ebenfalls einiges Licht von demjenigen, welches ſich allenthalben verbreite, empfangen, indem man ſolche im Schatten liegende Körper weit genauer ſähe, als wenn gar kein Licht vorhanden wäre. Es ſchiene daher dasjenige, was einen Körper leuchtend mache, vom Lichte ſelbſt verſchieden zu ſeyn. Das Licht durchdringe ſolche Körper nicht, deren Theile faſericht, oder auf eine ungleichförmige Art mit einander verbunden wären, und gleichwol gehe es ungehindert durch die feſteſten und härteſten Körper, wie z. B. durch Glas. Er vermuthet daher, daß das Licht ſich nur durch ſolche Körper fortpflanzen könne, deren Poren in gerader Linie lägen. Doch verbreite ſich das Licht am beſten in der Luft; man ſolle demnach unterſuchen, ob das Licht durch die Luft eben ſo, wie der Schall, fortgeführt werde; gewiß

wiß ſey es, daß der Schall durch günſtigen Wind weiter gebracht, durch entgegengeſetzten aber aufgehalten werde, ob nun etwas ähnliches auch bey dem Lichte erfolge.

11) Solle man auch über die Durchſichtigkeit des Lichts Unterſuchungen anſtellen. Man ſehe den Dacht in der Flamme einer brennenden Kerze, da man im Gegentheil durch größere Flammen die Objekte nicht mehr wahrnehmen könne.

12) Endlich ſolle man noch unterſuchen, welche Dinge mit dem Lichte übereinkämen, und welche demſelben entgegen wären. So käme das Licht und der Schall darinn überein, daß weder beym ſchallenden noch beym leuchtenden Körper Subſtanzen ausgiengen, oder merkliche Bewegungen des umgebenden Mittels verurſacht würden, ſondern es entſtünden dabey blos gewiſſe propagines ſpiritales von unbekannter Natur [h]).

Man ſieht aus dieſen Fragen des großen Bacon, mit welchem Scharfſinne er die damalige Unvollkommenheit der Lehre vom Lichte eingeſehen habe. Sie geben aber auch zugleich einen Beweis ab, daß in den vortrefflichſten Werken der Natur die Fortſchritte beſtändig unſicher bleiben, wenn man die Erfahrung, als die ſicherſte Führerin, verläßt.

Optiſche Entdeckungen, welche nicht die Fernröhre und Mikroſkope betreffen.

In den noch dunkeln Zeiten des 13ten und 14ten Jahrhunderts wurden ſchon einige wichtige optiſche Entdeckungen gemacht, wohin unter andern die Vergrößerungen der Gegenſtände durch erhabene Linſengläſer

h) Hiſtoria naturalis. ib. p. 811.

ſer gehört. Man bediente ſich derſelben bereits zu Anfange des 14ten Jahrhunderts in den ſogenannten Brillen, ohne jedoch erklären zu können, wie es mit der Vergrößerung zugehe. Natürlich war es, daß ſolche Brillen mit erhabenen Gläſern kurzſichtigen Perſonen nicht brauchbar waren. Einmal gemachte Entdeckungen geben aber beſtändig Veranlaſſung zu andern neuern, beſonders wenn ſie, wie die Brillen verurſachen mußten, Aufmerkſamkeit und Neugierde erregen. Ohne Zweifel kam es daher, daß Kurzſichtige auf die Gedanken geriethen, daß vielleicht Gläſer von entgegengeſetzter Geſtalt für ſie dienlicher ſeyn möchten, und in der That ſtellten Hohlgläſer dem kurzſichtigen Auge genähert die Gegenſtände deutlicher wiewol verkleinert dar. Es läßt ſich alſo mit großer Wahrſcheinlichkeit vermuthen, daß die Hohlgläſer durch Zufall entdeckt worden ſind. Der erſte, welcher beyde Arten von Gläſern nach ihrem verſchiedenen Gebrauche zu erklären ſucht, war der Lehrer der Mathematik zu Meſſina, Franciſcus Maurolycus[i]). Dieſer handelt zuerſt von der Brechung der Strahlen in den Linſengläſern; er ſagt, daß diejenigen Winkel, welche die auffallenden Strahlen mit dem Einfallslothe machten, den gebrochenen Winkeln proportional wären, und ſucht dieß aus Euklids Begriffe von der Proportion abzuleiten, wobey er ſich aber auf einen falſchen Grundſatz beruft. Was die Brechung der Licht-

i) Theoremata de lumine et umbra ad perſpectivam et radiorum incidentiam facientia; diaphanorum partes ſeu libri tres, in quorum primo de perſpicuis corporibus; in ſecundo de iride; in tertio de organi viſualis ſtructura et conſpicillorum formis agitur; problemata ad perſpectivam et iridem pertinentia. His acceſſerunt *Chr. Clavii* notae etc. Lugd. 1613. 4.

Lichtſtrahlen durch eine Glaskugel betrifft, ſo führt er nur an, daß die von einem leuchtenden Punkte auffallenden Strahlen den durch die Kugel ungebrochen durchgehenden nicht innerhalb der Kugel ſchneiden. Von dem Vereinigungspunkte der Strahlen durch eine Kugel lehrt er nichts beſtimmtes. Durch die Kugel, ſagt er, werde ein Bild eines leuchtenden Gegenſtandes zuwege gebracht, weil die Strahlen beynahe in einem Punkte des ungebrochenen ſich vereinigten. Hieraus laſſe ſich erklären, warum Brillengläſer ein verkehrtes Bild in einer gewiſſen Entfernung darſtellten. Ihre Flächen hätten nämlich die Geſtalt der Kugelflächen, mithin müßten die in dieſen Gläſern gebrochenen Strahlen noch weit beſſer in einem Punkte vereinigt werden, und daher ein deutlicheres Bild verurſachen, als die in der ganzen Kugel gebrochenen. Hierauf unterſucht nun auch Maurolycus, was es mit dem Sehen der Gegenſtände für eine Beſchaffenheit habe. Er ſagt, das vorzüglichſte Stück hierzu ſey die Cryſtallinſe des Auges, durch dieſe werde nämlich die Vereinigung der Lichtſtrahlen bewirkt, wiewol er das Bild des betrachteten Gegenſtandes auf die Linſe zu ſetzen, und mithin die wahre Beſchaffenheit des Sehens noch nicht getroffen zu haben ſcheint. Die Vergleichung, welche er zwiſchen den Brillengläſern und der Cryſtalllinſe anſtellt, iſt dieſe: in einem erhabenen Glaſe würden diejenigen Strahlen, welche mit der Axe deſſelben parallel gehen, beym Ausgange wieder nach der Axe zu gebrochen, und zwar um deſto mehr, je erhabener das Glas ſey; in einem Concavglaſe hingegen würden ſie von einander gebrochen, und zwar wiederum deſto ſtärker, je größer die Krümmung ſey. Daher rühre die Geſtalt der Cryſtalllinſe des Auges, welche keine Kugel hätte ſeyn dürfen, damit

nicht diejenigen Strahlen, welche durch den Mittelpunkt gehen, ſich daſelbſt kreuzen, und auf den Sehenerven ein verkehrtes Bild entwerfen möchten, wodurch man die Objekte verkehrt ſehen würde; bey der Linſengeſtalt hingegen kämen die Strahlen, ehe ſie ſich kreuzten, auf den Sehenerven, und ſtellten das Bild des Objektes in ſeiner gehörigen Lage dar. Dadurch wird nun Maurolycus auf die Erklärung der Kurzſichtigkeit und Weitſichtigkeit geführt; er ſagt, die Kurzſichtigkeit rühre von einer zu erhabenen Cryſtalllinſe her, wodurch die Strahlen auf dem Sehenerven zu nahe an einander kämen, und daher ein undeutliches Sehen bewirkt werde; dagegen entſtehe die Weitſichtigkeit, wenn die Vereinigung der Strahlen zu ſehr entfernt liege, wodurch ebenfalls die Sehekraft geſchwächt werde. Hieraus erklärt er die Wirkung der Brillen auf dieſe Art: ſie bringen nämlich entweder die Seheſtrahlen einander näher, oder entfernen ſie noch mehr von einander. — Aus dieſer kurzen Erzählung ſiehet man hinlänglich, daß Maurolycus noch weit von den richtigen Erklärungen dieſer wichtigen optiſchen Gegenſtände entfernt war. Glücklicher war er in der Erklärung eines optiſchen Problems, welches ſchon vom Ariſtoteles an die Optiker beſchäfftigt hatte. Man wußte nämlich noch nicht zu erklären, warum die Geſtalt des Sonnenlichtes, das durch eine kleine Oeffnung im verfinſterten Zimmer durchfällt, und in einer gewiſſen Entfernung von jener aufgefangen wird, beſtändig rund ſey, die Oeffnung ſelbſt mag geſtaltet ſeyn, wie ſie nur immer wolle. Maurolycus führt ganz richtig an, daß ein jeder Punkt in der Oeffnung die Spitze von einem gedoppelten Kegel iſt, deſſen eine Grundfläche die Sonnenſcheibe, die andere aber auf der mit der Oeff-

nung

nung parallelen Ebene, welche das Sonnenlicht auffängt, ſteht. Demnach beſteht das ganze Bild des Sonnenlichtes auf der Ebene aus einer unendlichen Menge runder Bilder; mithin wird es ſich deſto mehr der Figur eines Kreiſes nähern, je weiter es von der Oeffnung aufgefangen wird, und je kleiner die Oeffnung iſt.

Ein Zeitgenoſſe des Maurolycus, Johann Baptiſta Porta von Neapel war ſo glücklich, eine Erfindung zu machen, durch welche die Art und Weiſe, wie es mit dem Sehen der Gegenſtände zugehet, gar ſehr erläutert wird [k]). Es ſcheint, als habe Porta von Maurolycus nichts gewußt, weil er ihn an keiner Stelle anführt. In der Vorrede der magia naturalis führt Porta an, daß dieſe Schrift bereits von ihm wäre ausgearbeitet worden, da er kaum das Alter von 15 Jahren erreicht hätte. Die erſte Ausgabe iſt vom Jahr 1560. Sie wurde nach ſeinem eigenen Berichte ins Italieniſche, Franzöſiſche, Spaniſche und Arabiſche überſetzt, und mit vielem Vergnügen geleſen. Nach dieſer Zeit aber habe er ſich mehrere Kenntniſſe in allerhand nützlichen Künſten und Wiſſenſchaften theils auf Reiſen durch Italien, Frankreich und Spanien, theils durch Briefe mit berühmten Männern zu verſchaffen geſucht; ja er habe ſogar in ſeinem eigenen Hauſe eine Akademie der Geheimniſſe errichtet, in welcher die Mitglieder einander merkwürdige und noch nicht ſehr bekannte Künſte mitgetheilt, und durch Verſuche beſtätigt hätten.

k) Magiae naturalis libri XX, in quibus ſcientiarum naturalium divitiae et deliciae demonſtrantur. Hanoviae 1619. 8.

ten. Auf ſolche Art wäre er im Stande geweſen, eine ſehr vermehrte und reichhaltigere Ausgabe ſeiner magia naturalis 30 Jahre nach der erſtern zu veranſtalten. In dieſer Schriſt beſchreibt er die angeführte Erfindung, welche er eine dunkle Kammer (camera obſcura) nennt. Seine Beſchreibung hiervon iſt kurz, aber deutlich. Es beſteht dieſe dunkle Kammer, wie bekannt, darinn, daß man in einem Fenſterladen eine ſehr kleine Oeffnung anbringt, wodurch die von den äuſſern Gegenſtänden herkommenden Lichtſtrahlen in ein übrigens ſehr dunkles Zimmer fallen, und auf der gegenüberſtehenden Wand die Gegenſtände mit ihren Farben, aber verkehrt, abbilden. Porta bemerkt, daß dieſe Bilder noch weit deutlicher würden, wenn man in die Oeffnung des Ladens ein erhabenes Linſenglas ſtellte, und ſie im Vereinigungspunkte dieſes Glaſes auffange. In dieſem Falle könne man ſogar die Geſichtszüge der auſſer dem Zimmer befindlichen Perſonen inwendig mit ſehr vielem Vergnügen ſehen.

Auch führt Porta an, daß das dunkle Zimmer ſehr bequem zu genauen Abzeichnungen von Menſchen und allen Dingen, ſo wie auch zur Beobachtung der Sonnenfinſterniſſe, diene.

Ferner bemerkt Porta, daß viele ſich Mühe gegeben hätten, die Bilder in ihre ordentliche aufrechte Stellung zu bringen. Sie hätten verſucht, dieß durch Planſpiegel zu bewerkſtelligen; allein die Bilder würden dadurch undeutlich und verlöhren alle Schönheit. Dieſe Abſicht ließe ſich bloß durch richtige Stellung eines Hohlſpiegels erreichen, wobey er denn zugleich erinnert, daß dieß die beſte Art ſey, die Gegenſtände zu beobachten.

Ueber-

Ueberdem bediente ſich Porta dieſer Kammer zur Beluſtigung derer, welche ihn aus Neugierde beſuchten. Er brachte nämlich vor das Linſenglas im Laden eine leere kubiſche Pappierröhre, deren vordere Seite ſehr dünne war, und auf welche er beliebige Figuren mahlte; hierauf brachte er dieſe Seite in gehörigen Abſtand vom Linſenglaſe. Auf dieſe Art war er im Stande, vermittelſt des Sonnenlichts, in dem dunklen Zimmer ein Bild von dieſem Gemälde an der Wand darzuſtellen. Uebrigens machte er die Einrichtung ſo, daß er der vordern Seite der Pappierröhre jede Bewegung geben konnte, wodurch er zum Erſtaunen der Zuſchauer Jagden, Schlachten und dergleichen auſſerordentliche Dinge mehr auf der Wand des dunkeln Zimmers zeigte. Dieſe Schauſpiele ſchienen in den damaligen dunkeln Zeiten übernatürlich zu ſeyn, weshalb man den Porta für einen Zauberer hielt.

Dieſe Verſuche in der dunkeln Kammer überzeugten Porta [l]), daß wir die ſichtbaren Gegenſtände nicht, wie damals einige Naturforſcher glaubten, durch den Ausgang der Geſichtsſtrahlen aus dem Auge, ſondern vielmehr durch etwas, was von auſſen ins Auge kömmt, wahrnehmen. Bey der Vergleichung der dunkeln Kammer mit dem Auge, wo er den Augenſtern

l) De refractione, optices parte, libri novem. 1. de refractione et ejus accedentibus. 2. de pilae cryſtallinae refractione. 3. de oculorum partium anatome et earum muniis. 4. de viſione. 5. de viſionis accedentibus. 6. cur binis oculis rem unam cernamus. 7. de his, quae intra oculum fiant et foris exiſtimantur. 8. de ſpecillis. 9. de coloribus ex refractione ſ. de eride, lacteo circulo etc. Neapoli 1583. 4.

ſtern die Oeffnung im Fenſterladen ſeyn läßt, begeht er dariun einen Fehler, daß er die Ebene, auf welcher ſich das Bild abmahlt, für die Cryſtalllinſe hält. Nach Porta vertritt der Augenſtern die Stelle eines getreuen Thürhüters, durch welchen die Bilder der Gegenſtände auf die Cryſtalllinſe fallen. Er betrachtet den Stern vorzüglich deßwegen als ein Hauptwerkzeug des Sehens, weil er gerade in der Mitte des Auges ſich befinde, wo ein jedes der benachbarten Theile demſelben die nöthigſten Dienſte am leichteſten leiſten könne. Dabey zeigt er auch umſtändlich, wie ein jeder Theil des Auges vermöge ſeiner Meynung in dieſer Abſicht ſein Amt verwalte.

Auch erklärt Porta verſchiedene Fälle, wo man die Gegenſtände, die man nicht ſieht, dennoch zu ſehen glaubt, es mag nun dieſes von einer Krankheit des Auges, oder von irgend einer in dem Innern vorgehenden Bewegung herrühren. Ueberdem unterſucht er die Meynungen, wie einige Perſonen des Morgens beym Erwachen im Dunkeln ſehen können, und zeigt deutlich, daß dieß beſonders ſeinen Grund in einer großen Erweiterung der Pupille habe.

Ferner führt auch Porta die Verengerung der Pupille bey ſtarkem Lichte, und ihre Erweiterung im Dunkeln an. Von dieſer unwillkührlichen Bewegung könne man ſich, ſagt er, ſehr leicht dadurch überzeugen, wenn man das Auge eines andern betrachte, einmal wenn dieſer ſich gegen die Sonne gewandt habe, und alsdenn ſeinen Blick ſchnell gegen einen dunkeln Ort richte, oder umgekehrt. Inzwiſchen war dieſe Bewegung der Pupille vom Porta nicht zuerſt bemerkt; denn ſchon Galen und die Araber führen ſie an. Galen war der Meynung, daß ſich die Pupille

nur

nur alsdenn erweitere, wenn das eine Auge geſchloſſen wäre, und daß ſie ſich verengere, wenn man es wieder öffne. Dieſe Meynung hatte man überall angenommen, bis Fabricius ab Aquapendente an beyden Augen einer Katze, wenn ſie zugleich offen waren, die Verengerung und Erweiterung der Pupille bemerkte. Auch fand nachher der Pater Paul von Venedig durch wiederholte Erfahrungen, daß dieſe Bewegung der Pupille auch an den offenen Augen der Menſchen ſtatt finde.

Weiter verſucht Porta, eine Erklärung von der Wirkung der erhabenen und hohlen Gläſer bey den weitſichtigen und kurzſichtigen Perſonen zu geben. Allein ſeine Erklärung iſt von keiner Erheblichkeit und ganz unrichtig. Ueberhaupt erwähnt er nie etwas vom Geſetze der Brechung; er führ bloß ohngefähre Beſtimmungen des Weges an, welchen die einzelnen Strahlen von gewiſſen Punkten des Gegenſtandes durch das Glas nehmen. Seiner Meynung nach rührt die Weitſichtigkeit bey alten Leuten von einer zu weiten Pupille, und zu dicken Feuchtigkeit her; ſo wie bey jungen Perſonen von der zu großen Verengerung der Pupille.

Was die Frage betrifft, woher es komme, daß man mit zweyen Augen nur einfach ſehe, ſo führt Porta die darüber aufgeſtellten Hypotheſen umſtändlich an; er glaubt, aber gegen alle Erfahrung, man ſehe beſtändig nur mit einem Auge, und ſucht dieß ſogar durch Erfahrung zu erweiſen.

Porta führt noch folgende Beobachtung an, die er auch durch eine Zeichnung erläutert; wenn nämlich eine runde Platte auf dem Boden eines mit Waſſer gefüllten Gefäßes liege, und man betrachte ſelbige über dem Gefäße nach einer ſenkrechten Richtung, ſo

erſcheine ſie vergrößert und hohl. Er erklärt dieſe Erſcheinung ganz richtig aus der Brechung der Lichtſtrahlen, durch welche die Ränder der Platte erhoben werden. Ohne Zweifel leitete ihn die Erfahrung zu dieſer Erklärung, weil er vom Geſetze der Brechung nichts wußte.

Porta iſt der erſte, welcher an einem Hohlſpiegel den Abſtand des Brennpunktes von der Spiegelfläche dem vierten Theile ſeines Durchmeſſers gleich ſetzt. Wie weit aber der Brennpunkt einer Glaskugel von derſelben entfernt ſey, ſagt er nicht, ſondern führt bloß an, daß er nahe hinter der Kugel liege. Uebrigens behauptet er, daß man in einer großen Entfernung Schießpulver anzünden und große Schlöſſer in die Luft ſprengen könnte, wenn man vorher die Sonnenſtrahlen mittelſt eines Hohlſpiegels im Brennpunkte zuſammen brächte, und ſie hiernächſt durch einen Planſpiegel parallel fortſendete.

Auch führt Porta das Kunſtſtück an, Luftbilder zu machen. Seine Methode dieß zu bewerkſtelligen, beſteht nach ſeiner Beſchreibung in der Verbindung eines Planſpiegels mit einem Hohlſpiegel [m]). Es iſt aber Porta nicht der erſte, welcher des Kunſtſtückes, Luftbilder zu machen, erwähnt. Schon im 13ten Jahrhundert wird es von dem optiſchen Schriftſteller Vitellio angeführt.

Ueber die Bewerkſtelligung eines Luftbildes macht Bacon von Verulamio die merkwürdige Bemerkung, ob es nicht möglich ſey, durch Hülfe einer zurückſtrahlenden Fläche ein Bild zu machen, ohne daß man die Fläche ſelbſt ſehe. Er ſagt, es lohne ſich wol der Mühe, zu unterſuchen, ob nicht die Zurückſtrahlung

m) Magia naturalis. Lib. XVII. cap. V.

lung eben ſo gut, wie das gerade auffallende Licht, große Brechungen bewirken könnte. Man ſolle z. B. in ein leeres Becken ein Goldſtück, oder ſonſt etwas legen, und hierauf von dem Becken ſich ſo weit entfernen, bis man das Goldſtück in der geraden Linie nicht mehr ſehen könne; hiernächſt ſolle man das Bekken mit Waſſer füllen laſſen, ſo werde man das Goldſtück vermöge der Brechung der Lichtſtrahlen an einer ganz andern Stelle wahrnehmen, als wo es wirklich liege. Ferner ſolle man einen Spiegel in das mit Waſſer gefüllte Becken ſtellen; in dieſem Falle, glaubt er, werde man das Bild nicht nach der geraden Linie oder durch die Zurückſtrahlung unter gleichen Winkeln, ſondern zur Seite ſehen. Nun, fährt er fort, wiſſe er nicht, ob ſich dieſer Verſuch nicht auch ſo einrichten laſſe, daß man das Bild wahrnehmen könne, ohne den Spiegel zu ſehen. Man könne dieß für eine neue und unterhaltende Sache halten, indem man das Bild, wie einen Geiſt in der Luft ſchweben ſehen würde. Man ſolle z. B. das Bild eines Teufels, oder ſonſt etwas einem Waſſerbehälter oder Teiche gegen über ſtellen, ohne jedoch das Waſſer zu ſehen; hierauf einen Spiegel ins Waſſer bringen. Könne man nun ſeitwärts das Bild des Teufels erblicken, ohne daß das Waſſer in die Augen falle, ſo werde es wie der Teufel ſelbſt ausſehen. Zuletzt bemerkt er noch, daß man in Oxford eine alte Sage habe, der Mönch Roger Bacon ſey durch die Luft von einem Kirchthurme zum andern ſpatzieret, dieß ſollte er, wie man damals glaubte, durch Gläſer zuwege gebracht haben, ob er gleich auf der Erde gieng.

Bacon bemerkt ferner noch, es ſey keinem Zweifel unterworfen, daß Körper, welche ſich im Waſſer

befänden, dem Auge vergrößert erſchienen. Ob aber umgekehrt dem Auge im Waſſer die Körper in der Luft ebenfalls vergrößert oder verkleinert vorkämen, das wiſſe er nicht zu beſtimmen [n]). Dieß Geſtändniß des großen Bacon iſt ein Beweis, wie wenig man damals etwas von dem Geſetze der Strahlenbrechung wußte.

Kepler bemühte ſich, die Brechung des Lichts aus Luft in Glas und Waſſer ſorgfältiger zu unterſuchen [o]). Er giebt an, daß der Brechungswinkel d. i. nach ihm der Winkel des einfallenden Strahls mit dem gebrochenen, einen Proportionaltheil, welcher von dem Einfallswinkel abhange, und einen ungleich wachſenden Theil habe, der ſich nach der Secante des gebrochenen Winkels richte. Hiernach hat er eine Tafel für die Brechung im Waſſer berechnet. Die Urſache der Brechung ſucht er in dem Widerſtande des dichtern Mittels [p]). Dagegen vermuthete der Engländer Thomas Harriot, daß die Brechung nichts weiter als eine Reflexion des Lichts innerhalb des durchſichtigen Mittels ſey. Er ſagt dieß in einem Briefe an Keplern, in welchem er demſelben zugleich eine Tabelle über die Brechungen in 13 verſchiedenen durchſichtigen Mitteln überſendet, wobey er zugleich bemerkt, daß ſich die Brechung des Lichts nicht nach der Dichtigkeit der brechenden Materie richte [q]).

Um

n) Sylva ſylvarum ſ. hiſtoria naturalis. in opp. Francof. 1665. fol. pag. 911.

o) Ad Vitellionem Paralipomena, Francof. 1604. 4. Cap. IV.

p) ibid. p. 110.

q) Epiſtolae ad *Keplerum* ſcriptae. ed. *Hanſchii.* epiſt. CCXXXIII. p. 376.

Um dieſe Zeit nun wurden die nicht längſt entdeckten Fernröhre und Mikroſkope allgemeiner bekannt. Eine ſolche wichtige Entdeckung mußte natürlich einem ſo ſcharfſinnigen Kopfe, wie Kepler war, Veranlaſſung zu neuen optiſchen Unterſuchungen geben. Eben hierdurch entſtand ſeine vortreffliche Dioptrik [r]), welche in der That die erſten richtigern Kenntniſſe in der ganzen Optik enthält. Da man die Wirkung der Fernröhre und Mikroſkope noch nicht zu erklären vermochte, ſo veranlaßte dieß Keplern die Brechung der Lichtſtrahlen aus Luft in Glas wieder von neuem zu unterſuchen. Zuerſt zeigt er, wie man mittelſt eines gläſernen Würfels, oder einer gläſernen Scheibe die Brechung meſſen könne; hiernächſt unterſucht er die Brechung durch Convexgläſer, und behauptet aus Verſuchen, bey der Brechung aus Luft in Glas betrage der Brechungswinkel zwey Drittheil des Einfallswinkels, wenn der letztere unter 30 Graden ſey. Weil die Objektivgläſer vom Mittel bis zum Umfange ſelten über 20 Grade halten, ſo glaubt er, dieß Verhältniß ſey zum Gebrauch für die Theorie der Linſengläſer und der Fernröhre hinreichend genau [s]). Ueberdem bemerkt er, daß, wenn das Licht aus einem dichtern Körper in einen dünnern übergeht, der gebrochene Strahl ſich immer mehr von dem Perpendikel ablenkt, je größer der Einfallswinkel iſt, bis daß er endlich mit der brechenden Fläche parallel wird. Dieß letztere fand nach ſeinen Verſuchen im Glaſe bey einem Einfallswinkel von 42° ſtatt. Wenn der Einfallswinkel

r) Dioptrice ſ. demonſtratio eorum, qui viſui et viſibilibus, propter conſpicilla non ita pridem inventa, accidunt etc. Aug. Vind. 1611. 4.

s) l. c. axio. 7. 8.

winkel noch größer ward, ſo bemerkte er, daß der Strahl eben ſo innerhalb des Glaſes zurückgeworfen werde, wie er von der Oberfläche eines dichtern Körpers in einem dünnern Mittel reflektirt [t]). Es iſt in der That zu verwundern, daß Kepler das wahre Geſetz der Brechung nicht entdecken konnte, da er ihm doch ſo nahe war.

Die Betrachtung über die Strahlenbrechung leitete Keplern auf die ſchwere Aufgabe, die aſtronomiſche Strahlenbrechung für jeden Grad der Höhe zu finden. Schon vor Keplern hatten verſchiedene Aſtronomen, beſonders aber Tycho de Brahe, wegen der Wichtigkeit der Strahlenbrechung in der Aſtronomie, ſich Mühe gegeben, die Größe der Strahlenbrechung in verſchiedenen Höhen ſo genau als möglich zu beſtimmen. Tycho nahm vermöge ſeiner Beobachtungen an, daß das Sonnenlicht in einer Höhe von 43 Graden keine merkliche Brechung mehr leide, ſo wie das Mondenlicht in einer Höhe von 45 Graden und das Sternenlicht in einer Höhe von 20 Graden. Tycho glaubte, die Strahlenbrechung werde durch den Unterſchied der Luft und des Aethers darüber, wie auch durch die dicken Dünſte zunächſt an der Erdfläche verurſacht. Dagegen behauptete der Heſſiſche Mathematiker Rothmann, daß es gar keinen Unterſchied zwiſchen der Luft und dem Aether gebe, und ließ die Brechung bloß nahe am Horizonte ſtatt finden. Beyde geriethen darüber in einen weitläuftigen Streit, den Kepler [u]) anführt. Zuletzt tadelt Kepler beyde Partheyen, daß ſie nicht die wahren Maaße der Brechung zu Hülfe genommen hätten; denn ſonſt würden

t) l. c. axio. 9.

u) Paralipom. p. 77. ſqq.

den ſie gefunden haben, daß das Mittel, worinn das Licht der Himmelskörper gebrochen werde, eben die Luft iſt, in der wir athmen, und deren Oberfläche einem über ihr ſich befindenden Auge eben ſo deutlich erſcheinen würde, wie uns die Oberfläche, wo die Luft ans Waſſer grenzt. Kepler macht die richtige Bemerkung, daß die Verſchiedenheit der Entfernung der Himmelskörper von der Erde auf die Strahlenbrechung gar keinen Einfluß habe. Obgleich Tycho de Brahe anfänglich die Brechung des Mondenlichts für größer als die des Sonnenlichts wegen der geringern Entfernung gehalten habe, ſo ſey er doch nachher inne geworden, daß ſie beydemal einerley ſey[x]). So viel aber auch Kepler über die Strahlenbrechung geſchrieben hat, ſo begieng er doch darinn einen großen Fehler, daß er der Luft bis an die Grenzen der Atmosphäre eine gleichförmige Dichtigkeit beylegte. Erſt durch die Torricelliſchen Verſuche ward die wahre Beſchaffenheit des Luftkreiſes näher beſtimmt, wodurch man beſtimmtere Begriffe von der Strahlenbrechung in derſelben erhielt.

Das röthliche Licht, welches bey den gänzlichen Finſterniſſen des Mondes beobachtet wird, leitet Kepler von der Brechung des Sonnenlichts in der Atmosphäre im Erdſchatten ab. Vor Keplern hatte man es als ein dem Monde eigenthümliches Licht betrachtet, das nur im Schatten ſichtbar werden könne, wiewol Plutarch dieſe Meynung ſchon beſtreitet[y]). Auch giebt Kepler eine Methode an, die Größe der Strahlenbrechung in der Atmosphäre aus Beobachtung der Mondfinſterniſſe abzuleiten, wenn vorausgeſetzt

x) Paralipom. p. 112.

y) ibid. p. 273.

ſetzt wird, daß der Erdſchatten blos in einem Theile durch das gebrochene Licht erleuchtet werde [z]).

Ueber die richtige Beſchaffenheit des Sehens hat **Kepler** alle ſeine Vorgänger bey weitem übertroffen. Vor ihm hatten alle Optiker behauptet, ſelbſt **Maurolycus** und **Porta** nicht ausgenommen, daß von einem jeden Punkte des leuchtenden Gegenſtandes nur ein einziger Strahl ins Auge komme. Dagegen behauptete **Kepler** mit Recht, daß von jedem Punkte des ſichtbaren Objekts ein Strahlenkegel aufs Auge falle, und daß man das Objekt nur denn deutlich ſehen könne, wenn ſich ein jeder dieſer Strahlenkegel nach der Brechung in der Cryſtalllinſe wieder in einem Punkte auf der Netzhaut vereinige, auf welcher alſo das Bild des Gegenſtandes abgemahlt werde. Daher giebt er nun die wahre Urſache an, warum die Weitſichtigen ſich der Convexgläſer und die Kurzſichtigen der Concavgläſer bedienen müſſen, um die Objekte in einer gewiſſen Weite vom Auge deutlich zu ſehen. Er geſteht ein, daß er dieſer Frage drey Jahre lang nachgedacht habe. Zuerſt ſey er der Meynung geweſen, die Convexgläſer müßten das Sehen deßwegen deutlich machen, weil ſie vergrößerten. Allein er habe gefunden, daß dieß ſich nicht ſo verhalte, die wahre Urſache ſey vielmehr dieſe: durch die Convexgläſer werde der Strahlenkegel von einem jeden zu nahen Punkte bey den Weitſichtigen ſo verändert, als wenn er zu einem entfernten Punkte gehöre, ſo daß nunmehr nach der Brechung im Auge die Spitze des Kegels auf die Netzhaut zu liegen komme, da ſie ohne Convexglas hinter die Netzhaut fallen würde, und mithin dem Auge kein deutliches Bild verurſache. Bey den Weit-

z) Paralipom. p. 278.

ſichtigen hingegen werde durch ein Hohlglas der von einem entfernten Punkte herkommende Strahlenkegel ſo verändert, als wenn er von einem nahen herkäme, daß mithin wiederum die Spitze des im Auge gebrochenen Lichtkegels auf die Netzhaut falle, da ſie ſonſt ohne Glas vor der Netzhaut liegen, hiernächſt der Lichtkegel ſich wieder ausbreiten, und erſt ſo auf die Netzhaut kommen würde, wodurch wiederum ein undeutliches Bild entſtehe [a]).

Die Frage, warum wir die Gegenſtände aufrecht ſehen, da doch ihr Bild im Auge umgekehrt auf der Netzhaut liegt, beantwortet Kepler ſo, daß er ſich vorſtellt, die Seele, welche den Stoß des Lichtſtrahls auf dem untern Theile der Netzhaut empfinde, betrachte dieſen Lichtſtrahl ſo, als käme er von oben her, und halte daher das für den obern Theil der Sache, was ſich unten abbilde: oder, wie ſich Kepler eigentlich ausdrückt, der wirkende Theil werde dem leitenden gerade gegen über empfunden [b]). Dieſe Erklärung könnte wol völlig hinreichend ſeyn, wenn man dabey nicht aus den Gedanken läßt, daß das Urtheil der Seele über das Obere und Untere nicht auf einer natürlichen Nothwendigkeit beruhe, ſondern erſt durch Vergleichung mit dem Gefühle gebildet werde, indem wir unſere Augen in der Kindheit durchs Gefühl brauchen, und nach und nach die eingedruckten Empfindungen, welche nach gewiſſen Geſetzen mit dem Bilde übereinſtimmen, erſt durch Erfahrung, Vergleichung und Uebung ordnen und beurtheilen lernen; ſonſt würde ſie unzulänglich ſeyn. Wie aber die Seele das Bild auf der Netzhaut empfinde, das unternimmt

a) Paralipom. Cap. V.

b) ibid. p. 169.

nimmt ſich nicht zu erklären; er ſagt vielmehr, das gehöre gar nicht in die Optik.

Das Vermögen des Auges, Objekte in verſchiedenen Entfernungen deutlich zu ſehen, leitet Kepler von der Zuſammenziehung der proceſſus ciliaris her, wodurch das Auge verlängert, und die Netzhaut von der Cryſtalllinſe weiter entfernt werde, wenn man ſehr nahe Objekte betrachte [c]). Bey Beurtheilung der Entfernung der Objekte von beyden Augen nehme man die Entfernung beyder Augen gleichſam als das Maas von jener an; auch könne man bey verhältnißmäßig kleinern Entfernungen die Breite des Sternes im Auge zu dieſem Maaße annehmen; denn man wiſſe auch mit einem Auge die Größe des Bildes mit der Entfernung des Objekts durch die Uebung zu vergleichen, indem man durch die Erfahrung lerne, wie weit man die Hand darnach auszuſtrecken und dahin zu gehen habe [d]).

Eine andere Erſcheinung am Monde beobachtete Tycho de Brahe, indem er nämlich bey Sonnenfinſterniſſen den ſcheinbaren Durchmeſſer des Mondes geringer als ſonſt fand. Tycho leitete dieß von einer wirklichen Verminderung des Mondrandes durch die Sonnenſtrahlen her [e]). Allein Kepler führt an, daß die Mondſcheibe nicht deßwegen verkleinert ausſehe, weil ſie unerleuchtet ſey, ſondern daß ſie vielmehr zu andern Zeiten darum größer ſcheine, weil ſie erleuchtet ſey. Denn von einem ſo entfernten Objekte vereinigten ſich meiſtentheils die Strahlen ſchon vor der Netzhaut, und fielen erſt auf dieſe, da ſie ſich ſchon

c) Dioptrice, prop. 64.

d) Paralipom. p. 62. ſqq.

e) ibid. p. 285.

ſchon wieder ausgebreitet hätten, daß mithin das Bild des Ganzen, welches ſich auf der Netzhaut, anſtatt wirklicher Punkte, in lauter kleinen Kreiſen abmahlte, nothwendig größer erscheine, als es eigentlich ſeyn ſollte. Verſchiedene Perſonen würden daher nach Beſchaffenheit ihrer Augen auch die Größe der Mondſcheibe verſchieden angeben. Er führt an, daß unter 22 Beobachtungen des Mondes am 22ten Febr. 1591. zwey den Durchmeſſer zu 31 Minut. ſechs zu 32 Minut. ſieben zu 33 Minut. ſechs zu 34 Minut. und eine zu 36 Minuten angegeben haben [f]). Aus dieſer Urſache würden kurzſichtige Perſonen anſtatt einer einzigen Mondphaſe, eine Menge von Phaſen, wie ein Hahnenkamm geſtaltet, ſehen. Kepler dachte aber nicht daran, daß auch derjenige Theil der Sonne, welcher bey Sonnenfinſterniſſen an den Mondsrand grenzt, aus eben der Urſache, warum die erleuchtete Mondſcheibe, hineintreten muß. In den neuern Zeiten hat man dieß alles erſt richtiger erklärt.

Ueber den Ort der Bilder, welche durch die Brechung oder Reflexion des Lichts verurſacht werden, betrat Kepler einen ganz neuen und ſicherern Weg, als man vor ihm gethan hatte. Er zeigt, daß es hierbey auf die Lage der Strahlen gegen einander, nach der Brechung und Reflexion ankomme. Er nimmt nämlich an, der Ort des Bildes ſey da, wo die in beyde Augen kommenden Lichtſtrahlen ſich ſchneiden, und wenn man nur mit einem Auge ſehe, ſey für die Entfernung beyder Augen die Weite des Augenſternes zu ſetzen. Für den Planſpiegel wäre dieß alſo die Stelle, wo der reflectirte Strahl mit dem Ein-

f) Paralipom. p. 218.

Einfallsloth gehörig verlängert zuſammen kommt, wie dieß fig. 21 vorſtellt, wo ab das Einfallsloth, o das Auge, und c der Ort des Bildes iſt; für Kugelſpiegel wäre ſie der Durchſchnitt der Geſichtsſtrahlen beyder Augen mit der geraden Linie durch den leuchtenden Punkt und das Centrum, wenn beyde Augen in verſchiedenen Ebenen liegen. Die Alten behaupteten auch dieſen Satz, wenn auch beyde Augen in einerley Reflexions- oder Brechungsebene ſich befänden, wogegen aber Kepler den eben angeführten Satz zur Beſtimmung des Ortes der Bilder angenommen hat. Gegen die gemeine Meynung der Alten, hatte Johann Georg Brengger, ein Arzt in Kaufbeuern in einen Briefe an Keplern vom 22ten Decemb. 1604 Zweifel erhoben [g]). Dabey äuſſert er zugleich den Gedanken, der Ort des Bildes liege in dem Perpendikel aus dem leuchtenden Punkte auf diejenige Ebene, welche die Spiegelfläche im Reflexionspunkte berührt. Dieſer Beſtimmung giebt ſelbſt d'Alembert vor der gewöhnlichen alten den Vorzug [h]). Allein Kepler antwortet darauf ſehr gut [i]), daß es hiebey nicht auf eine einzige Zurückwerfung, ſondern auf mehrere ankomme. Dieſer Gegenſtand wurde nachher beſonders von Barrow weiter unterſucht, wie in der Folge angeführt werden wird; gleichwol aber hat er doch noch bis jetzt ſeine großen Schwierigkeiten.

Auch machte ſich damals Galilei ſchon an die wichtige Aufgabe, die Geſchwindigkeit des Lichtes zu meſ-

g) Epiſtolae ad *Keplerum* ſcriptae. epiſt. CXI. p. 223.

h) Opuſcules mathemat. T. I. p. 275.

i) Epiſtola CXII.

meſſen. Lange vor ihm hatte bereits der Araber Alhagen behauptet, das Licht werde nicht in einem Augenblicke fortgepflanzt; ſeine Gründe aber laufen auf bloße Subtilitäten hinaus, die Porta zu widerlegen ſucht, und ſich dabey zuletzt auf Erfahrung beruft [k]). Galilei hingegen, war der erſte, welcher einen Verſuch anſtellte, die Fortpflanzung des Lichts auszumitteln. Zwey Perſonen nämlich, welche ein Licht verdeckt hielten, mußten in einer gewiſſen Entfernung von einander das Licht im gleichen Momente aufdecken. Beyde Perſonen hatten übrigens ſchon eine Fertigkeit erlangt, ihr Licht zu gleicher Zeit auf- oder zuzudecken. Dieſen Verſuch hatte Galilei damals in einer Entfernung von einer Meile angeſtellt; er war aber Willens, ihn in größern Weiten mit Hülfe des Fernrohrs zu wiederholen. Es iſt jedoch nicht bekannt, ob er dieſes wirklich gethan habe. Der Erfolg entſprach ſeiner Erwartung freylich nicht, Galilei wußte aber auch noch nicht, daß eine jede Entfernung auf unſerer Erde zu dieſer Abſicht viel zu klein iſt, und niemand fiel damals darauf, die Zeit, welche das Licht auf ſeinem Fortgange von einem Planeten zum andern braucht, zu meſſen.

Das Fernrohr und das Mikroſkop.

Noch wußte man nicht die Wirkung der Linſengläſer zu erklären, welche ein Gegenſtand der allgemeinen Bewunderung waren, und durch welche man bereits ſo manche Entdeckungen in der Natur gemacht hatte, als man in Erſtaunen verſetzt wurde, da eine gewiſſe Zuſammenordnung von zwey Linſengläſern bekannt wurde, wodurch man weit entlegene Objekte, wel-

k) De refractione p. 95.

welche für die bloßen Sehewerkzeuge undeutlich waren, deutlich zu ſehen vermochte, und welcher man dieſer Wirkung wegen den Nahmen eines Fernrohres gab. Es ſcheint mir in der That ſehr merkwürdig zu ſeyn, daß ein ſo ungemein wichtiges optiſches Werkzeug, wie das Fernrohr iſt, zu einer Zeit entdeckt ward, da man noch gar nichts von dem Geſetze der Strahlenbrechung wußte, worauf es ſich doch gründet. Eben daraus ſcheint es ſehr wahrſcheinlich zu erhellen, daß die Entdeckung des Fernrohres ein bloßer Zufall geweſen iſt. Indeſſen weiß man nicht beſtimmt anzugeben, ob dieſe Erfindung wirklich auf dieſem Wege, und zu welcher Zeit, und von wem ſie gemacht worden iſt. Daß der Mönch Roger Bacon das Fernrohr ſchon gekannt habe, iſt höchſt unwahrſcheinlich. Dagegen ſchreiben verſchiedene dem Johann Baptiſta Porta die Erfindung des Fernrohres zu, und führen zum Beweiſe folgende Stelle in ſeiner magia naturalis an[l]): ſi utrunque (vitrum concavum et convexum) recte componere noveris, et longinqua et proximajora et clara videbis. Non parum multis amicis auxilii praeſtitimus, qui et longinqua obſoleta, proxima turbida conſpiciebant, ut omnia perfectiſſime contuerentur. Dieſe Stelle, welche einem Fernrohre etwas ähnlich ſieht, verleitete unter andern auch Keplern, zu glauben, daß Porta das Fernrohr ſchon entdeckt, es aber verheimlicht habe [m]). Kepler meint, dadurch möge vielleicht die Erfindung des Fernrohres veranlaßt

l) Magia naturalis ſ. de miraculis rerum naturalium libri XX. Neap. 1558. fol. L. XVII. cap. X.

m) Diſſ. cum nuncio ſidereo, nuper ad mortales miſſo a Galileo Galileo. Prag. 1710. 4.

anlaßt ſeyn, oder es ſey nach dem Tode des Porta dieß Geheimniß kund geworden; auch ſagt er, es habe ihm der Kaiſer wegen des Kunſtſtücks, deſſen Porta ſich rühmt, oft befragt, er habe es aber immer für unmöglich gehalten. Ueberdem glaubt Kepler, daß vielleicht auch ſeine Zeichnung von Concav- und Convexgläſern in den Paralipom. p. 202. Gelegenheit zur Erfindung des Fernrohrs gegeben habe. Ob nun dieß gleich unwahrſcheinliche Muthmaßungen ſind, ſo erhellet daraus doch wenigſtens ſo viel, daß dieß vom Porta angeführte Kunſtſtück damals ſehr vieles Aufſehen gemacht habe, und daß Kepler das Fernrohr für neuer als das Jahr 1604 gehalten hat. Dagegen führt de la Hire[n]) weit wahrſcheinlicher an, daß Porta nur eine Verbindung eines Hohlglaſes mit einem erhabenen meine, wodurch die gemeinſchaftliche Brennweite beyder Gläſer verändert werde, ſo daß ſie dazu dienen, dem Auge Objekte in gewiſſen Entfernungen deutlicher darzuſtellen. Wenn Porta etwas den Fernröhren Aehnliches entdeckt hätte, ſo würde er gewiß bey der Eitelkeit, wovon ſeine Schriften Beweiſe genug geben, eine ſolche Erfindung mit den größten Lobeserhebungen beſchrieben haben.

Erſt gegen das Jahr 1609 wurde die wirkliche Erfindung des Fernrohres von Holland aus bekannt. Es theilten ſich aber auch zugleich die Meynungen, wem die Ehre dieſer Erfindung beyzulegen wäre.

Hieronymus Sirturus[o]), ein Mayländer, erzählt, daß er auf ſeinen Reiſen in Holland

1609

n) Mém. de l'Acad. roy. des ſcienc. de Paris 1717.

o) Teleſcopium. Francof. 1618. 4. P. II. cap. I.

1609 bey dem Brillenmacher Lipperſein oder Lipversheim geweſen, zu welchem ein ihm Unbekannter, dem Anſehen nach ein Holländer gekommen ſey, der ſich einige hohle und erhabene Gläſer habe ſchleiſen laſſen. Nachdem er nun dieſe erhalten, habe er ein erhabenes und ein hohles Glas bald näher bald weiter von einander gehalten, dem Lipperſein bezahlt, und ſich entfernt. Lipperſein habe ſich dieſes gemerkt, und wirklich das erſte Fernrohr zu Stande gebracht, das er dem Prinzen Moritz von Naſſau gewieſen. Eben dieſer Schriftſteller ſagt noch, daß er in Spanien einen Baumeiſter Rogerus angetroffen habe, welcher dieſe Kunſt ſchon lange getrieben, und ein Buch davon geſchrieben haben ſoll.

Carteſius p) führt einen gewiſſen Jakob Metius aus Alkmar an, welcher die erſten Fernröhre verfertiget haben ſoll. Dieſer Metius war ein Sohn des berühmten Adrian Metius, welcher das bekannte Verhältniß des Durchmeſſers zur Peripherie des Kreiſes 113 : 355 angegeben hat. Jener ungelehrte Metius fand ein Vergnügen an Verfertigung der Brenngläſer und Brennſpiegel. Da er nun vielerley Gläſer zur Hand gehabt habe, ſo ſey er darauf verfallen, zwey hinter einander zu ſtellen, um dadurch zu ſehen. Von ohngefähr habe er ein erhabenes und ein hohles Glas genommen, auch ſie ſo glücklich zuſammengeordnet, daß daraus das erſte Fernrohr entſtanden ſey.

Peter Borellus q) hat ſehr wahrſcheinlich dargethan, daß Zacharias Janſen, ebenfalls ein Bril-

p) In dioptrica. p. 41.

q) De vero teleſcopii inventore. Hagae 1655. 4.

Brillenmacher zu Middelburg das erſte Fernrohr im Jahre 1590 verfertigt habe. Dieſer Mann hat ſich auſſerordentliche Mühe gegeben, den wahren Erfinder der Fernröhre zu entdecken. Er bringt ſogar gerichtliche Ausſagen bey, worinn unter andern der Sohn von Janſen bezeugt, daß ſein Vater bereits 1590 Fernröhre verfertiget, und ſelbſt eines dem Prinzen Moritz überreicht habe. Die Schweſter Janſens hingegen konnte ſich nur bis zum Jahre 1610 zurück erinnern. Drey andere Einwohner zu Middelburg verſichern, daß daſelbſt vor 1600 oder 1605 oder 1610 Fernröhre von dem Brillenmacher Hans Laprey verfertigt worden, welcher wol mit dem von Sirturus genannten Lipperſein einerley Perſon ſeyn möchte. Borellus füget dieſen Zeugniſſen noch einen Brief eines holländiſchen Geſandten, Wilhelm Boreel, bey, welcher Janſen und ſeinen Sohn Johann Zacharias von Jugend auf gekannt habe, worinn er anführt, daß dieſe beyden Künſtler gegen das Jahr 1610 die Fernröhre erfunden, und eines davon dem Prinzen Moritz übergeben hätten, welcher auch ſogleich dieſes Werkzeug für nützlich im Kriege gehalten, und daher dieſe Erfindung zu verheimlichen gebeten habe. Das Geheimniß dieſer Erfindung ſey aber bald verrathen worden; es habe nämlich ein Unbekannter den Erfinder zu Middelburg aufgeſucht, und ſey aus Irrthum zu Johann Laprey gekommen, welcher durch Fragen dieſe Sache errathen, die Fernröhre nachgemacht und zuerſt verkauft habe; bald hernach ſey aber dieſer Irrthum entdeckt worden. Auch habe ſich eben gedachter Metius und Cornelius Drebbel von Alkmar im Jahre 1620 an den Erfinder ſelbſt gewendet u. ſ. f. Es iſt gar nicht zu läugnen, daß dieſe Erzählung ſehr

viel Wahrſcheinlichkeit habe, und ſo wol mit den Zeugniſſen unter ſich, als auch mit der Nachricht des Sirturus zuſammenſtimme.

Auch Huygens [r]) ſagt, er wiſſe gewiß, daß ſchon vor Metius um 1609 ein Künſtler geweſen ſey, es möchte Johann Lipperſein, welchen Sirturus angebe, oder Zacharias Janſen ſeyn, welchem Borellus die Erfindung zuſchreibe, der Fernröhre verfertiget habe.

Uebrigens führt Weidler [s]) eine Erzählung vom Simon Marius [t]) an, woraus erhellet, daß ſchon im Jahre 1608 der Gebrauch der Fernröhre bekannt geweſen iſt. Als nämlich der marggräflich-brandenburg-anſpachiſche Geheime Rath Johann Philipp Fuchs von Bimbach im Jahre 1608 die Michaelismeſſe zu Frankfurth beſuchte, ſo erzählte ihm daſelbſt ein bekannter Kaufmann, daß ein gewiſſer Holländer mit einem Inſtrumente zugegen wäre, wodurch man ſehr entfernte Objekte nicht allein nahe, ſondern auch vergrößert ſehen könne. Der geheime Rath zweifelte zwar an einer ſolchen Erfindung, nachdem er aber den Holländer hatte zu ſich kommen laſſen, ſo wurde er von der Wahrheit eines ſolchen Werkzeuges ganz überzeugt. Er fand, daß es ſehr gute Dienſte that, obgleich das Glas einen Riß bekommen hatte. Er fragte hierauf den Holländer um den Preis deſſelben, da aber dieſer ſehr hoch hinaus wollte, ſo ward aus dem Handel nichts. Bey der Rückkehr des geheimen Raths nach Anſpach erzählte er dieß

dem

r) In opuſculis poſthumis. Lugd. Batav. 1703. 4. p. 136.

s) Hiſtoria aſtronomiae. cap. XV. §. 12.

t) Mundus Jovialis. Norib. 1614. 4.

dem Marius, und zeigte ihm an, daß dieß Inſtrument nothwendig aus zwey Gläſern beſtehen müſſe, deren eines erhaben und das andere ein Hohlglas wäre, und zeichnete ihm ſelbiges nach ſeinem Gutdünken mit Kreide ab. Marius ſtellte ſogleich mit zwey ſolchen Gläſern eine Probe an, und fand, daß die Sache ihre Richtigkeit habe. Weil aber die Convexität des einen Glaſes zu groß war, ſo druckte er eine Form in Gyps ab, nach welcher ihm die Künſtler in Nürnberg erhabene Gläſer von größerer Brennweite verfertigen ſollten. Die Künſtler waren aber nicht vermögend, dieſes zu Stande zu bringen. Endlich erhielt der geheime Rath im Jahre 1609 im Sommer aus Holland ſelbſt ein gutes Fernrohr, womit Marius den geſtirnten Himmel beobachtete.

Im Jahre 1609 ward dem Galilei zu Venedig, welcher damals Profeſſor der Mathematik zu Padua war, erzählt, daß ein gewiſſer Holländer dem Grafen Moritz von Naſſau ein optiſches Werkzeug überreicht habe, wodurch man entfernte Gegenſtände, gleichſam als wenn ſie in der Nähe wären, erblickte. Hiervon erhielt er nachher von einem franzöſiſchen Edelmann, Jakob Badovere, gewiſſe ſchriftliche Nachricht, kehrte hierauf ſogleich nach Padua zurück, und forſchte nach, was das wol für ein Inſtrument ſeyn möge. In der folgenden Nacht errieth er die Zuſammenſetzung, machte den Tag darauf ſogleich das Werkzeug nach ſeinem vorläufigen Entwurfe fertig, und er fand ſich ungeachtet der Unvollkommenheit der Gläſer, die er dazumal zur Hand hatte, in ſeiner Erwartung nicht getäuſcht. Seinen Freunden in Venedig gab er hievon ſogleich Nachricht, reiſete ſechs Tage darauf ſelbſt dahin, und brachte zugleich ein ande-

res beſſeres Fernrohr mit, welches er unterdeſſen gemacht hatte. Hier zeigte er von einigen hohen Orten den vornehmſten Rathsherrn der Republik zu ihrem größten Erſtaunen eine Menge Gegenſtände, welche dem bloßen Auge undeutlich waren, ganz deutlich, und ſchenkte dieſes Fernrohr dem Doge Leonardo Donati und zugleich dem ganzen Rathe von Venedig, nebſt einer geſchriebenen Nachricht, worinn der Bau des Werkzeuges angegeben und die mannichfaltige Nutzbarkeit deſſelben gezeigt war. Für das edle Vergnügen, welches Galilei dadurch dem Senate gemacht hatte, erhöhete dieſer am 25. Aug. 1609 ſeinen Gehalt auf das dreyfache. Hierauf verfertigte ſich Galilei ein noch vollkommneres Fernrohr, und machte dadurch in einer kurzen Zeit die wichtigen Entdeckungen, welche er im nuncius ſidereus beſchreibt. Auf dieſe Art wird die Sache von ihm ſelbſt erzählt; eine umſtändlichere Erzählung hievon giebt der Verfaſſer ſeiner Lebensbeſchreibung in der venetianiſchen Sammlung ſeiner Werke vom Jahre 1744. 4.

Dieſes erſte Fernrohr, welches aus zwey Gläſern, nämlich aus einem erhabenen Vorderglaſe, (Objektivglaſe) und einem hohlen Augenglaſe (Okularglaſe) beſtand, wird das holländiſche oder auch das galileiſche Fernrohr genannt. Die Erfindung dieſes Fernrohres hat man alſo unſtreitig den Brillenmachern zu Middelburg zu verdanken, und Galilei hatte hierbey das beſondere Verdienſt, die Gläſer gehörig zuſammen zu ſetzen, und beſonders zum mannichfaltigen Gebrauche anzuwenden. Indeſſen hatten doch auch ſchon die beyden Janſen, Vater und Sohn, mit ihren verfertigten Werkzeugen Beobachtungen am Himmel angeſtellt; erſterer bemerkte am

Mon=

Monde die Flecken ganz deutlich, und entdeckte viel neue Sterne, beſonders ſieben beträchtliche im großen Bären; der andere aber nahm den hellen Kreis nahe am Rande des Mondes wahr, von welchem mehrere helle Streifen in verſchiedenen Richtungen auslaufen. Auch glaubte er den Vollmond durchs Fernrohr betrachtet nicht flach, ſondern ganz deutlich kugelförmig erblickt zu haben, indem der mittlere Theil hervorrage [u]).

Franz Fontana, ein Italiäner, machte ebenfalls auf die Ehre der Erfindung des Fernrohres Anſpruch [x]). Er führt nehmlich an, daß er bereits im Jahre 1608 Fernröhre beſeſſen habe, allein da ſchon vor dieſer Zeit dergleichen Werkzeuge in Holland verfertigt worden ſind, ſo kommen ſeine Anforderungen in weiter keine Betrachtung.

Galilei führt zwar an, daß er die Zuſammenſetzung ſeines Fernrohres aus der Lehre von der Strahlenbrechung herausgebracht habe [y]). Allein es iſt dieß ſchwer zu glauben, indem er gar nichts beſtimmtes vom Geſetze der Strahlenbrechung anführt; vielmehr kann man mit der größten Wahrſcheinlichkeit vermuthen, daß er dieß durch bloße Verſuche bewerkſtelliget habe. Nothwendig mußte ihm bekannt geworden ſeyn, daß dieſes neue Werkzeug aus einer Röhre mit Gläſern beſtehe; von dieſen Gläſern waren aber nur zwey Arten bekannt, nämlich erhabene und hohle; mithin war die Anzahl ihrer Verbindungen nur gering,

und

u) *Borellus* de vero teleſcopii inventore. p. 39.

x) Novae terreſtrium et coeleſtium obſervationes. Neap. 1646. 4.

y) Nuncius ſidereus. p. 4.

und Verſuche ergaben unſtreitig die Verbindung. Auch hat Galilei die Art der Wirkung dieſes Werkzeugs nicht gehörig und deutlich erklärt; dieß war vielmehr Keplern vorbehalten. Dieſer bemühete ſich, die Lehre von der Brechung durch Mittel von verſchiedener Figur zu erklären. Um von der Wirkung der Fernröhre einen deutlichen Begriff zu geben, iſt es nöthig, das wichtigſte von der Brechung des Lichts durch die verſchiedentlich geſtalteten Mittel kurz anzuführen.

Zu dem Ende ſey (ſig. 22.) d a ein Lichtſtrahl, welcher in a auf ein durchſichtiges convexes Mittel afg von größerer Dichtigkeit fällt, deſſen Halbmeſſer ca iſt. Das Einfallsloth in a ſey die Linie ba, ſo wird der Strahl in dem dichtern Mittel nach der Richtung aſ gebrochen. Alle übrige Strahlen, welche mit dem Halbmeſſer cf parallel, und von demſelben gleich weit entfernt ſind, wie der Strahl hg, werden in dem nämlichen Mittel nach eben dem Punkte ſ hin gebrochen. Kepler hat nun gefunden, daß für die Brechung aus Luft in Glas, die Entfernung fſ dreymal ſo groß, als cf iſt. Setzt man nämlich mit Keplern die Brechungswinkel den Einfallswinkeln proportional, ſo daß ſich beſonders am Glaſe jene zu dieſen wie 2 : 3 verhalten, wenn die Einfallswinkel unter 30 Grade ſind, ſo iſt eac : ſac = 3 : 2 alſo eaſ oder aſc : ſac = 1 : 2. Da ſich nun aber auch in dem Dreyecke ſac die Winkel aſc und ſac ſehr nahe wie die entgegengeſetzten Seiten ac und cſ verhalten, ſo hat man cſ = 2. ca = 2. cf und daher fſ = 3. cf [z]).

Wenn

z) Dioptr. propoſ. p. 35.

Wenn die mit dem Halbmeſſer (fig. 23.) cf parallelen Strahlen da, hg u. ſ. f. innerhalb des dichtern Mittels auf eine concave Fläche auffallen, ſo werden ſie in dem dünnern Mittel nach dem Punkte ſ hin gebrochen; denn es geht der Strahl da von a aus nicht nach der geraden Linie dae fort, ſondern er wird von dem Perpendikel ba nach aſ gebrochen. Die Entfernung fſ iſt, wie auch Kepler bemerkt hat, für Luft und Glas, = 2. cf.

Hieraus läßt ſich nun leicht begreifen, wie durch ein auf beyden Seiten erhabenes Linſenglas die auf der einen Seite auffallenden Parallelſtrahlen durch die Brechung im Glaſe auf der andern Seite deſſelben in einem Punkte vereiniget werden. Die auf der Vorderfläche der Linſe (fig. 24.) ab auffallenden Parallelſtrahlen werden im Glaſe nach dem Punkte ſ hin gebrochen; in dieſer Richtung fallen ſie aber auf die Hinterfläche der Glaslinſe, und erleiden daher nach dem Durchgange aus dem Glaſe in die Luft abermals eine Brechung nach dem Punkte f, welcher der Linſe näher, als der Punkt ſ, liegt.

Um nun auch die Wirkung der Hohlgläſer begreiflich zu machen, ſetze man, der Strahl (fig. 25.) falle mit dem Halbmeſſer cf auf die hohle Fläche afg des dichtern Mittels parallel auf a, ſo wird er nun in dem dichtern Mittel nach dem Einfallslothe ca gebrochen, ſo daß es ſcheint, als käme der Strahl von dem Punkte ſ her. Alle übrige Strahlen, welche von dem Punkte f gleich weit und mit cf parallel auf die hohle Fläche auffallen, werden in dem dichtern Mittel ebenfalls ſo gebrochen, als kämen ſie von dem gemeinſchaftlichen Punkte ſ her. Wenn die Lichtſtrahlen aus Luft

in

in Glas gehen, ſo iſt alsdenn die Entfernung fſ = 3. cf.

Wenn die Parallelſtrahlen in einem dichtern Mittel auf die erhabene Fläche (fig. 26.) afg, deren Halbmeſſer ac iſt, auffallen, ſo werden ſie beym Ausgange aus dieſem Mittel in ein dünneres von dem Einfallslothe ca abwärts gebrochen, und fahren daher ſo aus einander, daß ſie von dem Punkte ſ herzukommen ſcheinen. Gehen die Strahlen aus Glas in die Luft, ſo iſt alsdenn die Entfernung fſ = 2. cf.

Hieraus läßt ſich nun auch die Wirkung eines Hohlglaſes ſehr leicht einſehen. Fallen nämlich die Parallelſtrahlen auf die vordere hohle Fläche eines Hohlglaſes (fig. 27.) ab, ſo werden ſie in dem Glaſe in eine Richtung gebrochen, als kämen ſie von dem Punkte ſ her; in dieſer fallen ſie nun auf die Hinterfläche der Linſe, und erleiden beym Ausgange in die Luft eine ſolche Brechung, daß ſie von dem Punkte f auszugehen ſcheinen, welcher der Linſe näher, als der Punkt ſ, liegt.

Kepler zeigte aus dieſen Sätzen zuerſt die Wirkung der Linſengläſer, wie ſie nämlich die Strahlen ſammlen und zerſtreuen. Wenn die Parallelſtrahlen auf die ebene Fläche einer plan convexen Linſe auffallen, ſo beſtimmt Kepler die Entfernung des Vereinigungspunktes dieſer Parallelſtrahlen hinter der erhabenen Fläche der Linſe auf den Durchmeſſer dieſer Fläche [a]), bey einer auf beyden Seiten gleich erhabenen Glaslinſe aber zeigt er, daß dieſer Vereinigungspunkt der mit der Axe parallel auffallenden Strahlen in den Mittelpunkt der Vorderfläche der Linſe falle [b]). Für diejenigen

a) Dioptr. prop. 35.

b) ibid. prop. 39.

nigen Linſengläſer, welche auf beyden Seiten ungleich erhaben ſind, giebt er keine beſtimmte Regel an, ihren Brennpunkt zu finden, er ſagt nur, daß er der Linſe näher als drey Halbmeſſer der Vorderfläche, und auch näher als zwey Halbmeſſer der Hinterfläche liege[c]). Erſt der Jeſuit Cavallerie hat dieſen Punkt durch folgende Regel näher beſtimmt: wie ſich die Summe der beyden Durchmeſſer der Vorder- und Hinterfläche der Linſe zu einem derſelben verhält, ſo verhält ſich auch der andere zu der Brennweite, oder zu der Entfernung des Vereinigungspunktes der auffallenden Parallelſtrahlen von der Linſe. Bey den Converglaͤſern liegt der Brennpunkt jederzeit hinter der Linſe, und die Strahlen vereinigen ſich wirklich in dieſem Punkte; bey den Hohlgläſern hingegen liegt er vor der Linſe, und die Strahlen ſcheinen von dieſem Punkte auszugehen, fahren daher hinter der Linſe von einander.

Hieraus läßt ſich nun auch leicht begreifen, wie eine erhabene Linſe die auffallenden Strahlen nach der Brechung ändert, wenn ſie von einem leuchtenden Punkte in der Axe der Linſe herkommen. Weil ſich nämlich parallel auffallende Strahlen in dem Brennpunkte vereinigen, ſo müſſen nothwendig diejenigen Strahlen, welche von dem Brennpunkte herkommen, nach der Brechung in der Linſe, mit der Axe derſelben parallel gehen; fallen aber die Strahlen von einem Punkte zwiſchen der Linſe und dem Brennpunkte auf die Linſe, ſo bleiben ſie aus einander fahrend, doch wird ihre Divergenz geringer; kommen endlich die Strahlen von einem leuchtenden Punkte, der von der Linſe weiter entfernt iſt, als der Brennpunkt, ſo vereinigen ſich die-

c) Dioptr. prop. 38.

dieſe wieder hinter der Linſe in einem Punkte. Kepler führt hierbey beſonders noch dieſe Bemerkung an, daß bey einer auf beyden Seiten gleich erhabenen Linſe diejenigen Strahlen, welche von dem leuchtenden Punkte in der doppelten Entfernung des Brennpunktes vor dem Glaſe herkommen, hinter demſelben in eben der Entfernung von der Linſe ſich vereinigen werden [d]). Nach dieſer Zeit haben neuere Optiker dieſen Gegenſtand etwas genauer unterſucht, und den Vereinigungspunkt für jede beliebige Entfernung des leuchtenden Punktes in der Axe von der Linſe angegeben. Die hier ſtatt findende allgemeine Regel bey den erhabenen Gläſern iſt dieſe: die Differenz der Entfernung des leuchtenden Punktes in der Axe von der Linſe und der Brennweite verhält ſich zur Brennweite, wie jene Entfernung zum Abſtande des Vereinigungspunktes hinter der Glaslinſe; bey den Hohlgläſern muß man ſtatt der Differenz die Summe, und ſtatt des Vereinigungspunktes den Zerſtreuungspunkt vor dem Glaſe nehmen.

Aus dieſen angeführten Sätzen wird ſich nun ungemein leicht die Wirkung der Fernröhre erklären laſſen; im allgemeinen beruht ſie auf folgenden Gründen: Ein ſichtbares Objekt erſcheint um ſo viel größer, als der ſogenannte Sehewinkel größer wird; auch iſt es gleichgültig, ob die Strahlenkegel vom entfernten Objekte ſelbſt, oder ob ſie von einem nahen Bilde deſſelben herkommen, indem ſie in dieſem letzten Falle von allen Stellen des Bildes eben ſo ausgehen, wie von den dazu gehörigen Stellen des wirklichen Gegenſtandes ſelbſt. Man ſieht daher ohne Umſchweiſe ein, daß vor allen Dingen mittelſt einer Glaslinſe oder eines Spiegels ein Bild des Gegenſtandes zuwege gebracht,

d) Dioptr. prop. 41.

bracht, und dieſes dem Auge ſo nahe als möglich gebracht werden müſſe, damit es das Bild unter einem weit größern Sehewinkel betrachten könne, als unter welchem der wirkliche Gegenſtand dem bloßen Auge erſcheint. Dieß letztere bewirkt das Okularglas, durch welches ein jeder Strahlenkegel ſo gebrochen wird, daß er ſich durch die Brechung im Auge in einen Punkt auf der Netzhaut vereinigt. Geſetzt aber auch, das Objektivglas brächte kein Bild des Gegenſtandes vor dem Auge zu Stande, ſo kann doch ein Okularglas mit dem Objektivglaſe ſo verbunden ſeyn, daß es die Strahlenkegel eben ſo bricht, als kämen ſie irgendwo vor dem Auge von einem Bilde her. In dieſem Falle wird der Sehewinkel der nämliche ſeyn, welcher bey einem wirklichen Bilde an dieſer Stelle ſtatt finden würde.

Die Wirkung des holländiſchen Fernrohres läßt ſich daher auf folgende Art begreiflich machen: Es ſey (fig. 28.) kel ein entferntes Objekt, welches von einem jeden Punkte Strahlen auf das erhabene Glas ab ſendet, die hier, wegen der großen Entfernung des Objektes als parallel betrachtet werden. Die von dem Punkte e in der Axe des Glaſes herkommenden Strahlen vereinigen ſich in dem Brennpunkte deſſelben, n. Die von einem andern Punkte k auf die Linſe ab auffallenden Strahlen vereinigen ſich auf der geraden Linie kfh in dem Punkte h, welche durch die Mitte f der auf beiden Seiten gleich erhabenen Linſe ab gezogen wird. Auf die nämliche Art fällt auch das Bild von l in g der geraden Linie lfg. Alle übrige Bilder der zwiſchen k und l befindlichen Punkte des Gegenſtandes liegen zwiſchen g und h, ſo daß gh in dem Gegenſtande

kl vollkommen ähnliches Bild iſt. Erhält nun das Hohlglas cd eine ſolche Stellung, daß ſein Zerſtreuungspunkt in n fällt, ſo werden alle diejenigen Strahlen, welche gegen den Punkt n hinzielen in der Hohllinſe cd ſo gebrochen, daß ſie mit der Axe parallel gehen. Eben ſo erleiden diejenigen Strahlen, welche gegen h hinzielen, eine ſolche Brechung, daß ſie mit der Linie hm, welche zur Mitte des Glaſes cd geht, parallel laufen, ſo wie die nach g hinzielenden mit der Linie gm parallel werden. Befindet ſich nun ein nicht fehlerhaftes Auge gleich unmittelbar hinter der Linſe cd, ſo wird es den Gegenſtand kl deutlich und aufgerichtet unter dem vergrößerten Winkel gmh ſehen, da es ohne Gläſer denſelben unter dem Winkel gfh = kfl ſehen würde. Es ſind aber dieſe beyden Winkel gfh und gmh in dem Verhältniſſe nm und fn; daher wird die Vergrößerung durch den Quotienten der Brennweite des Objektivglaſes ab, dividirt durch die Brennweite des Okulars cd ausgedruckt. Das Objekt erſcheint dem Auge dieſerwegen aufrecht, weil die von dem obern Punkte k herkommenden Strahlen bey d ſo ausfahren, als wenn ſie von einem Punkte über der Axe her kämen, und die von l bey c ausfahrenden von einem Punkte unter der Axe auszufahren ſcheinen.

Dieſes zuerſt gebrauchte Fernrohr hat die Unbequemlichkeit, daß das Geſichtsfeld (campus viſionis) ſehr klein iſt, und daß man auſſerdem das Auge unmittelbar hinter die Augenlinſe bringen muß, wenn man das möglichſt größte Geſichtsfeld überſehen will. Allein auch in dieſer Lage des Auges wird das Geſichtsfeld deſto kleiner, je größer die Vergrößerung iſt. Demungeachtet hat man dieſe Art von Fern-

Fernröhren eine lange Zeit beybehalten, und ſelbſt Carteſius, welcher 30 Jahre darnach ſchrieb, erwähnt bloß dieſes Fernrohres, obgleich ſchon Kepler Verbeſſerungen deſſelben und einige andere Arten angegeben hatte. Dieſer ſcharfſinnige Kopf bemerkt ſchon, daß man mit zwey ähnlichen dicht an einander geſtellten erhabenen Gläſern, als einem doppelten Objektivglaſe, das Fernrohr beynahe um die Hälfte verkürzen könne. Auch zeigt er, daß man durch ein doppeltes concaves Okularglas das Fernrohr zwar etwas länger, aber die ſcheinbare Größe doppelt ſo groß mache. Das ſo genannte aſtronomiſche Fernrohr iſt ebenfalls Keplers Erfindung. Es hat dieſen Nahmen daher erhalten, weil es zur Betrachtung des Himmels am ſchicklichſten iſt. Weil aber Kepler kein Künſtler war, und er nach ſeiner Theorie kein hinlänglich gutes Objektivglas erhalten konnte, ſo brachte er ſeine Theorie ſelbſt nicht in Ausübung. Indeſſen wurde Keplers Entwurf bald von dem Pater Scheiner ausgeführt, welcher das aſtronomiſche Fernrohr vorzüglich bey den Beobachtungen der Sonnenflecken benutzte, wovon er in ſeiner 1630 herausgekommenen Roſa Vrſina Lib. II. die Beſchreibung gegeben hat. Wenn man, ſagt er, zwey erhabene ähnliche Linſengläſer in eine Röhre faßt, und das Auge hinter das eine in gehöriger Entfernung ſtellt, ſo wird man alle Gegenſtände zwar umgekehrt aber vergrößert ſehr deutlich und dabey viel auf einmal erblicken. Zugleich führt er noch an, daß er bereits vor 13 Jahren in Gegenwart des Erzherzogs Maximilian durch ein ſolches Fernrohr beobachtet habe. Weil der Gebrauch des aſtronomiſchen Fernrohres bey der Betrachtung der Gegenſtände auf der Erde deßwegen ſehr unbequem war,

da es die Gegenſtände verkehrt darſtellte, ſo haben auch ſchon Kepler und Scheiner dieſer Unbequemlichkeit dadurch abzuhelfen geſucht, daß ſie mit dem erſten Okularglaſe noch ein zweytes erhabenes Okularglas zu verbinden anriethen, durch welches letztere das Bild des Gegenſtandes wieder verkehrt gemacht und der Gegenſtand aufrecht dargeſtellt wird. Dieſe Anordnung von Fernröhren aus drey Gläſern hat aber keinen Beyfall erhalten. Nicht lange darauf verfiel endlich der P. Anton Maria de Rheita [e]) darauf, lieber drey Okulargläſer anzuordnen, welches Fernrohr auch weit beſſere Dienſte leiſtete, als das Kepleriſche mit zwey Okulargläſern, und den Nahmen des Erdfernrohrs oder Erdrohrs erhalten hat.

Es iſt nun noch nöthig, einen kurzen Begriff von dem aſtronomiſchen Fernrohre und dem Erdrohre zu geben. In dem Sternrohre (fig. 29.) wird durch das Objektivglas ab ein umgekehrtes Bild pq des weit entfernten Gegenſtandes kl im Brennpunkte deſſelben gemacht. Die von dem Bilde pq wieder ausgehenden Strahlen werden von dem erhabenen Okulare gh von kürzerer Brennweite eg aufgefangen, und alle die von q herkommenden Strahlen gehen nach der Brechung im Okulare mit der geraden Linie qr durch den Mittelpunkt des Okulars parallel, ſo wie die von den Punkten p ausgehenden Strahlen mit der geraden Linie pgt parallel werden. Wenn daher ein mittelmäßig gutes Auge ſeine Stelle in o hat, wo ſich die Strahlencylinder durchkreuzen, ſo wird es das Objekt kl deutlich aber verkehrt ſehen, weil es das verkehrte Bild des Gegenſtandes betrachtet,

e) Oculus.

tet, deſſen Lage durchs Okular nicht geändert wird. Die Vergrößerung dieſes Fernrohrs giebt der Quotient an, welcher entſteht, wenn man die Brennweite des Objektivglaſes durch die Brennweite des Okularglaſes dividirt. Denn man hat qcp : qgp = eg : ec, mithin $\frac{ec}{eg} = \frac{qgp}{qcp}$ = der Vergrößerungszahl.

Wenn mit dem Okularglaſe des Sternrohres noch zwey erhabene Gläſer als Okulargläſer ſo verbunden werden, daß der Brennpunkt des zweyten Okulars mit dem Brennpunkte des dritten Okulars zuſammenfällt, ſo erhält man durch dieſe Zuſammenſetzung ein Erdfernrohr; die Strahlen haben nämlich durch die Brechung im erſten Okulare eine ſolche Lage erhalten, als kämen ſie von einem unendlich weit entfernten Objekte her, welches unter dem Winkel (fig. 30.) qmp geſehen wird. Anſtatt daß nun die Strahlencylinder vom Auge aufgefangen werden, fallen ſie auf das zweyte Okularglas ef, und verurſachen in deſſen Brennpunkte ein zweytes Bild ſr, welches, wie das Objekt ſelbſt, aufrecht iſt. Iſt nun das dritte Okularglas gh ſo geſtellt, daß ſein Brennpunkt mit dem Brennpunkte des vorigen ef zuſammenfällt, ſo werden alle die aus ſ ausgehenden Strahlen in der Linſe gh ſo gebrochen, daß ſie mit der Linie ſn parallel gehen, ſo wie die aus r ausgehenden Strahlen nach der Brechung mit der Linie rn parallel werden. Das Auge alſo, das ſich in o befindet, wird das Objekt deutlich und aufrecht ſehen und zwar unter dem Winkel ſnr. Wäre die Brennweite des letztern Okularglaſes gerade ſo groß, als die Brennweite des zweyten, ſo ſieht

man leicht, daß der Winkel ſnr eben ſo groß als qmp bleibt, und daß folglich das Auge in o das Objekt nicht größer oder kleiner als hinter dem erſten Okulare ſieht, aber nur aufgerichtet, welches eigentlich die Abſicht bey dem Erdfernrohre ſeyn ſoll. Wäre hingegen die Brennweite des letzten Okulars kleiner als die des zweyten, ſo würde man auch hierdurch einen größern Sehewinkel erhalten, und das Auge würde in o das Objekt noch mehr vergrößert ſehen, als hinter dem erſten Okulare cd.

Weil aber bey dem Erdfernrohre das Licht durch vier Gläſer hindurch gehen muß, wodurch es weit mehr geſchwächt wird, als wenn es nur durch zwey Gläſer geht, ſo giebt auch das Erdrohr weniger Helle, als das Sternrohr, daher auch letzteres zur Beobachtung des Himmels, der umgekehrten Darſtellung ungeachtet, dem Erdfernrohre vorgezogen wird.

Auch hat der P. Rheita das ſogenannte Binokular-Teleſkop erfunden, welches nachher der P. Cherubin d'Orleans f) mehr in Gang zu bringen ſuchte. Es beſteht dieſes aus zwey Fernröhren, auf einem Stative ſo verbunden, daß man ihre Axen nach einerley Gegenſtand richten, und denſelben mit beyden Augen zugleich betrachten kann. Von dieſem optiſchen Inſtrumente fällt Montucla dieſes Urtheil: die Vortheile, welche es in Rückſicht der Lebhaftigkeit des Bildes gewährten, würden durch die Unbequemlichkeit des Stellens wieder aufgehoben.

Was die Mikroſkope betrifft, ſo iſt ihre Erfindung für die Naturlehre faſt noch wichtiger, als die

f) Dioptrique oculaire. Paris 1671. fol.

die Entdeckung der Fernröhre, obgleich letztere mehr zur Betrachtung erhabener und größerer Objekte gebraucht werden, als die Mikroſkope. Durch dieſe aber lernen wir beſonders den Bau derjenigen Körper kennen, welche uns zunächſt angehen, wodurch wir auch im Kleinen den großen Schöpfer bewundern müſſen.

Das ſogenannte einfache Mikroſkop, das nur aus einer einzigen Glaslinſe beſteht, iſt ohne Zweifel eben ſo alt, als man die erhabenen Gläſer zur Vergrößerung der Sachen gebraucht hat. Es iſt vielleicht damals nur niemand darauf verfallen, ihm den Nahmen eines Mikroſkops zu geben. Weil die Brillengläſer ſchon lange vor den Fernröhren bekannt geweſen ſind, ſo kann man natürlich folgern, daß man die erhabenen Linſengläſer, um kleine Sachen dadurch zu betrachten, nach und nach immer kleiner und erhabener verfertigt habe, bis endlich Hartſoeker und Horke den Gebrauch der kleinſten Glaskügelchen lehrten. Da dieß alles allmählich geſchehen iſt, ſo bleibt hier nur eigentlich die Frage zu erörtern übrig: wer der Erfinder des zuſammengeſetzten Vergrößerungsglaſes, das ſogleich bey ſeiner Erfindung Mikroſkop benannt wurde, geweſen iſt.

Borellus [g]) ſchreibt die Erfindung der Mikroſkope dem Zacharias Janſen in Middelburg und deſſen Sohne gemeinſchaftlich zu. In einem Briefe des Holländiſchen Geſandten, Wilhelm Boreel, wird nämlich erzählt, daß dieſe beyden Künſt-

g) De vero teleſcopii inventore. Hag. Com. 1655. 4. p. 35.

Künſtler dem Erzherzoge von Oeſtreich, Albrecht, ein von ihnen verfertigtes Mikroſkop überreicht hätten. Boreel ſetzt noch hinzu, daß im Jahre 1619, da er Geſandter in England geweſen, Cornelius Drebel, ſein Freund, ihm ein Mikroſkop gezeigt, welches er vom Erzherzoge bekommen, und von Janſen verfertigt wäre. Dieſes Mikroſkop ſey 6 Fuß lang, einen Zoll weit und von vergoldetem Kupfer geweſen, und habe auf drey meſſingenen Säulen, wie Delphine geſtaltet, auf einem Fuße von Ebenholz geruht, worauf die zu beobachtenden Gegenſtände wären gelegt worden. Dieſer Nachricht zufolge muß dieß Mikroſkop ein zuſammengeſetztes geweſen ſeyn; die innere Einrichtung deſſelben aber iſt nicht angegeben. Nach Montücla's Vermuthung möge wol dieſes, wie die erſten Fernröhre, zum Augenglaſe eine Hohllinſe, zum Objektivglaſe aber eine erhabene Linſe gehabt haben.

Ob man gleich dieſer Nachricht die Glaubwürdigkeit nicht abſprechen kann, ſo bezweifeln ſie doch einige und meinen, man wiſſe eigentlich hievon nichts Zuverläſſiges, als bloß dieß, daß Mikroſkope zuerſt um das Jahr 1621 in Deutſchland im Gebrauche geweſen ſeyn. Huygens führt an [h]), daß im Jahre 1618 das Mikroſkop noch nicht müſſe erfunden geweſen ſeyn, weil Sirturus, der in dieſem Jahre von den Fernröhren geſchrieben, von dieſer ſo wichtigen Entdeckung nichts erwähnt habe. Aber daß 1621 ſchon bey Drebeln in England Mikroſkope geſehen worden, habe er von Augenzeugen

h) Dioptrice, in opuſc. poſthu. Lugd. Batav. 1703. 4. p. 221.

gen gehört; auch habe man dieſen für den Erfinder gehalten. Dieſe Nachricht des Huygens hat veranlaßt, daß beynahe die meiſten Schriftſteller Drebeln als den Erfinder der Mikroſkope anführen und dieſe Entdeckung in die Jahre 1618 bis 1621 ſetzen.

Auch hat ſich der Neapolitaner, Franz Fontana, als den Erfinder des Mikroſkops angegeben, auf welches er im Jahre 1618 gekommen ſeyn will. Seine Zeugniſſe ſind aber nicht älter, als vom Jahre 1625. Montücla iſt geneigt, ihn für den Erfinder des Mikroſkops mit zweyen Converglåſern zu halten, weil er vermuthet, das Drebelſche habe ein hohles Augenglas gehabt. Uebrigens hat Montücla Janſen ſelbſt nicht genannt, ob er gleich den Brief des Wilhelm Boreel anführt.

Aus dieſer kurzen Erzählung ſieht man, daß die zuſammengeſetzten Vergrößerungsgläſer bald nach der Erfindung der Fernröhre bekannt geworden ſind. Sie gaben Gelegenheit ſehr kleine Objekte unter einem ſehr vergrößerten Sehewinkel zu betrachten, und da man hierzu auch einzelne Linſen geſchickt fand; ſo iſt daraus erſt nachher die Benennung der erhabenen Glaslinſen mit dem Nahmen der Mikroſkope, und die Eintheilung in einfache und zuſammengeſetzte entſtanden.

Wenn ein kleines Objekt (fig. 31.) kl durch ein erhabenes Glas ab, in deſſen Brennpunkte f es liegt, betrachtet wird, ſo ſieht ein weitſichtiges Auge es deutlich und aufrecht. Derjenige Strahl, welcher von dem Punkte k in die Mitte der Glaslinſe fällt, geht ungebrochen durch; die übrigen Strahlen, welche von eben dem Punkte k auf die Linſe fallen, er-

halten nach der Brechung eine mit der geraden Linie kcd parallele Lage. Auf eben dieſe Art werden auch die von dem Punkte l herkommenden und in der Linſe ab gebrochenen Strahlen in die mit lce parallele Lage gebracht. Ein Auge alſo, welches in o ſich befindet, erhält von jedem Punkte des Objektes Parallelſtrahlen, wodurch es daſſelbe deutlich ſieht; auch ſieht es den Punkt k nach α, und den Punkt l nach β, mithin das Objekt aufrecht. Uebrigens betrachtet das Auge das Objekt unter dem Winkel $\alpha o \beta$, welcher dem Winkel ecd oder kcl gleich iſt. Daher ſieht das Auge das Objekt durchs Glas unter keinem größern Winkel, als es daſſelbe ohne Glas ſehen würde, wenn es ſeine Stelle in c hätte. Daraus iſt alſo klar, daß ein einfaches Mikroſkop in dieſem Sinne gar keine Vergrößerung gewährt. Allein man muß bedenken, daß kleine Objekte ſchon dem bloßen Auge ſchon um deſto größer erſcheinen müſſen, je näher ſie dem Auge gebracht werden; jedoch hat dieſes Naherucken des Objektes gegen das Auge eine Grenze, wenn es ſelbiges noch deutlich ſehen ſoll. Die Grenze iſt aber für verſchiedene Augen noch verſchieden; im Mittel nimmt man an, daß das Auge kleine Sachen in einer 8 Zoll weiten Entfernung noch deutlich ſehen kann; wenigſtens iſt dieß die gewöhnlichſte Vorausſetzung bey Anordnung der Mikroſkope. Daher verſteht man bey Mikroſkopen unter der Vergrößerung eine Zahl welche angiebt; wie vielmal der Sehewinkel durch Gläſer größer erſcheint, als derjenige, unter welchem das Objekt würde geſehen werden, wenn es vom Auge 8 Zoll entfernt wäre.

Unter dieſer Vorausſetzung läßt ſich nunmehr die Wirkung der Mikroſkope ſehr leicht einſehen.

Es

Es ſey nämlich (fig. 32.) KL ein kleines Objekt, das in der Entfernung cd = 8 Zoll vom Auge noch deutlich geſehen werden kann; dieſes Objekt bringe man vor die Linſe ab in den Brennraum, oder nahe dabey, ſo wird das hinter der Linſe befindliche Auge o alle in der Linſe gebrochene vom Objekte herkommende Strahlen entweder völlig oder beynahe in paralleler Lage auffangen, und folglich ſelbiges unter dem vergrößerten Winkel lck deutlich ſehen. Daraus folgt alſo, daß eine ganz kleine Linſe von kurzer Brennweite als ein einfaches Mikroſkop dienen könne, wenn das Objekt entweder in dem Brennraume oder ſehr nahe dabey ſich befindet, und das Auge unmittelbar hinter der Linſe ſeine Stelle hat. Die Vergrößerungszahl wird alsdenn gefunden, wenn man 8 Zoll durch die Brennweite der Linſe dividirt. In dieſem Sinne wird daher ein einfaches Mikroſkop deſto ſtärker vergrößern, je kürzer ſeine Brennweite iſt. Ein Glas, das eine Brennweite von $\frac{1}{20}$ Zoll hat, wird 160 mal vergrößern. Es verſtattet nämlich den Gegenſtand ſo zu betrachten, als ob er dem Auge 160 mal näher ſtände als gewöhnlich.

Die zuſammengeſetzten Mikroſkope können aus zwey, drey und mehreren Gläſern, ſo wie die Fernröhre, beſtehen. Das mit zwey Gläſern iſt dem aſtronomiſchen Fernrohre ähnlich. Das Objekt (fig. 33.) kl iſt von der Objektivlinſe um etwas weniges mehr entfernt, als ihre Brennweite beträgt. Hierdurch entſteht in pq ein vergrößertes aber umgekehrtes Bild des Gegenſtandes, welches im Brennpunkte des Okularglaſes de liegt, und durch dieſes Glas vom Auge o betrachtet wird. Alle die vom Punkte p ausgehenden und auf das Okular de fallenden Strahlen werden

mit

mit der Linie pc parallel gebrochen, ſo wie die von q ausgehenden mit qc parallel werden. Daher ſieht das Auge das Objekt kl deutlich, aber, weil es das umgekehrte Bild betrachtet, verkehrt. Das Objekt erſcheint aus zwey Urſachen vergrößert, erſtlich, weil das Bild pq, welches das Auge ſtatt des Objektes betrachtet, ſchon größer iſt, als das Objekt ſelbſt, und zweytens weil man dieſes Bild in einer kleinern Entfernung wegen des Okularglaſes betrachten kann, als mit bloßen Augen.

Den aus drey Gläſern zuſammengeſetzten Mikroſkopen hat man jedoch die mit zweyen Gläſern vorgezogen, theils weil ſie eine ſtärkere Vergrößerung, theils aber auch weil ſie ein größeres Geſichtsfeld gewähren. Hätte nämlich das kleine Objekt (Fig. 34.) kl vor dem Objektivglaſe eine ſolche Lage, daß die auf ſelbiges fallenden Strahlen nach der Brechung das Bild nm zu Stande bringen würden, ſo bedient man ſich alsdenn zweyer Okulare de und gh. Das erſte Okularglas bringt daher das Bild pq dem Objektivglaſe näher; die Strahlen breiten ſich hiernächſt hinter ſelbigem in Lichtkegel wieder aus, und fallen ſo auf das andere Okularglas gh in der Entfernung qi, welche der Brennweite des Okulars gleich ſeyn muß, wenn die Strahlen, welche zu einerley Lichtkegel gehören, in paralleler Lage ins Auge kommen ſollen. Das Auge in o alſo wird das Objekt kl unter dem vergrößerten Winkel ioh ſehen.

Der Regenbogen, die Farben und andere optiſche Erſcheinungen.

Ein ſo glänzendes Phänomen, wie der Regenbogen iſt, mußte nothwendig ſchon die Alten aufmerkſam

ſam machen, um die Entſtehung deſſelben auf irgend eine Art zu erklären. Allein ſo ſehr ſie ſich auch in dieſer Sache Mühe gaben, ſo war es ihnen doch nicht möglich, nur etwas erträgliches darüber zu ſagen. Selbſt nach der Wiederherſtellung der Wiſſenſchaften blieb die Lehre von dem Regenbogen noch lange Zeit dunkel.

Joſſe Clicthove[i]) (Jodocus Clicthoveus), ein Doctor der Sorbonne und Decan des Andreasſtiftes zu Chartres, welcher im Jahre 1543 verſtorben iſt, behauptete, daß der Nebenregenbogen ein Bild des Hauptregenbogens ſey, weil ſich die Farben in umgekehrter Ordnung an ihm zeigen, ſo wie im Waſſer die Bilder der Objekte am Ufer umgekehrt darſtellen. Allein Gilbert[k]) bemerkt, daß hiernach die Figur des äuſſern Regenbogens ſo wie die Farben umgekehrt ſeyn, und folglich die erhabene Seite unterwärts liegen müßte. Daher nennt er etwas unhöflich dieſen Gedanken albern, und eines ariſtoteliſchen ſpitzſündigen Kopfes würdig; Gilbert aber führt eben ſo wenig wie dieſer, etwas erhebliches über den Regenbogen an. Aus der Erſcheinung, daß der Regenbogen jederzeit der Sonne gegen über ſteht, mußte man natürlich folgern, daß er durch Zurückſtrahlung des Lichts verurſacht werde; nur der einzige Umſtand, welcher zu dieſer Zeit noch nicht erklärt werden konnte, war die regelmäßige Geſtalt der Farben. Bey der bloßen Zurückſtrahlung des Lichtes hatte man keine Farben bemerkt, wol aber bey der Brechung, allein niemand verfiel darauf, letztere auf eine ſchickliche Art zu benutzen.

Joh.

i) Philoſophiae naturalis paraphraſis. Paris 1501. fol.
k) De magnete. Lond. 1600. fol. p. 273.

Joh. Bapt. Porta verſuchte zwar, die Regenbogenfarben von der Brechung und nicht von der Zurückſtrahlung abzuleiten, allein er nimmt die Brechung des Lichtes nicht in einzelnen Tropfen, ſondern in der ganzen Maſſe des Regens oder der Dünſte an[l]. Ueberhaupt hatte Porta, ſo wie alle damalige optiſche Schriftſteller, noch einen ganz irrigen Begriff von den Farben. Er behauptete, wie die Alten, einen Unterſchied zwiſchen den wahren und falſchen Farben. Das Licht ſelbſt nimmt er für farbenlos an, glaubt aber, daß es durch äuſſere Urſachen, als z. B. durch durchſichtige Subſtanzen gefärbt werden könne. Die verſchiedenen Farben entſtehen nach ihm aus einer Miſchung des Lichts mit den dünnern oder dichtern Theilen der Luft.

Franz Maurolycus[m]) ſetzt den Winkel, unter welchen die Sonnenſtrahlen von der Wolke nach dem Auge zu geworfen werden, bey dem Hauptregenbogen 45°, bey dem äuſſern $56\frac{3}{4}$°, und beruft ſich auf eigene Erfahrungen. Die Höhe des Regenbogens könne aber doch bey untergehender Sonne etwas kleiner als 45° gefunden werden, doch wiſſe er nicht, wie dieß zugehe; vielleicht rühre es von der nicht ganz genauen Kugelgeſtalt der Regentropfen her. Er läßt den Lichtſtrahl ohne Brechung in den Tropfen fahren, und darinn ſiebenmal von der innern Fläche des Tropfens unter demſelben Winkel von 45° abprellen, und darauf wieder ohne Brechung ins Auge kommen. Er leitet alſo die Entſtehung des Regen-

l) De refractione p. 202.

m) Photiſmi de lumine et umbra ad perſpect. radiorum et incidentiam facientes. Venet. 1575. 4. Lugd. 1613. 4. p. 57. ſqq.

genbogens nicht, wie alle ſeine Vorgänger thaten, von der Zurückwerfung der Sonnenſtrahlen von der ganzen Wolke, ſondern richtig von den einzelnen Tropfen ab. Die Farben ſollen von der Menge des Lichts und von der Beymiſchung des Waſſers herrühren. Er ſcheint der erſte zu ſeyn, welcher ſieben Farben beym Regenbogen zählt, und nennt ihn daher ſiebenfarbig (ſepticolor).

Der erſte, welcher den Grund zur wahren Erklärung des Regenbogens gelegt hat, war Johann Fleiſcher zu Breslau, Rector der Schule zu Goldberg im Fürſtenthume Liegnitz, und nachher Doctor der Theologie und Prediger zu Breslau [n]). Seiner Meynung nach bildet ſich der Regenbogen in einem thauigen Dunſte (vapor roridus), welcher ſich in Tropfen zu verdichten anfängt, aber noch kein Waſſer oder Regen iſt. Er glaubt, daß nicht allein der Lichtſtrahl in einem Tropfen zweymal gebrochen, und von einem andern dahinter liegenden Tropfen ins Auge zurückgeworfen werde, ſondern daß er auch vielleicht noch in einem vorliegenden Tropfen wieder gebrochen werden möge. Was den äuſſern Regenbogen betrifft, ſo weiß er dieſen eben ſo wenig, wie die Farben, zu erklären; die letztern leitet er davon ab, daß einige Strahlen mehr als andere in die thauige Wolke eindringen. Ueber die Größe des Bogens führt er die Erfahrung an, daß bey einer Höhe der Sonne von 13° 36′ die Höhe des Bogens 28° 24′ geweſen ſey, ſo wie die Höhe des Bogens beym Aufgange der Sonne 42° 30′ gefunden worden. Es beträgt alſo die

n) De iridibus doctrina Ariſtotelis et Vitellionis, certa methodo comprehenſa etc. Wit. 1571. 8.

die Summe jener beyden Höhen 42° als den Halbmeſſer des Bogens. Der Herr Prof. Scheibel [o]) hat von der Schrift des Herrn Fleiſcher vollſtändigere Nachricht ertheilt.

Endlich gab auch Markus Anton de Dominis [p]), Biſchoff zu Spalatro, die richtige Erklärung von dem Wege der Lichtſtrahlen an, ob er gleich ſonſt als Phyſiker nicht bekannt iſt. Er behauptete, daß die doppelte Brechung mit einer dazwiſchen vorgehenden Zurückwerfung hinlänglich ſey, ſo wol die Farben zu erzeugen, als auch ins Auge zu bringen, ohne daß weiter eine Zurückwerfung nöthig ſey. Er beſchreibt ganz deutlich den Gang des Strahles, wie er erſt oberwärts in den Tropfen geht, daſelbſt nach der Hinterſeite inwendig hin gebrochen, von da nach unten hin zurückgeworfen, und endlich hier beym Ausfahren aufs neue dergeſtalt gebrochen werde, daß er auf dieſe Weiſe ins Auge kommt. Alles dieß leitete er aus folgenden Verſuchen her: er hieng eine kleine ſolide Glaskugel gegen die Sonne und ſeine Augen in eine ſolche Lage auf, wie ſie nach ſeiner Vorausſetzung die Regentropfen gegen die Sonnenſtrahlen und das Auge hatten; hier ſahe er in eben der Ordnung die nämlichen Farben, welche man am Regenbogen beobachtet. Da dieſer Verſuch lehrt, daß alle gleichförmige Strahlen an ähnlich liegenden Stellen jedes Tropfens ausfahren, ſo erklärt er daraus ſehr deutlich, daß jede Farbe einen Kreisbogen bilden müſſe,

o) De *Joan. Fleiſcheri* Vratislavienſis in doctrinam de iride meritis. Vratisl. 1762. 4.

p) De radiis viſus et lucis in vitris perſpectivis et iride tractatus p. *J. Bartolum* in lucem editus. Venet. 1611. 4.

müſſe, deſſen Mittelpunkt in der Linie der Sonne durch das Auge des Beobachters liegt. Dieſe Erklärung des Hauptregenbogens muß de Dominis bereits um 1590 gelehrt haben, weil nach der Nachricht des Herausgebers derſelbe ſeine Schrift um dieſe Zeit in Padua und Brixen aufgeſetzt, und ihm mitgetheilt habe. Nach Herrn Scheibels Verſicherung findet man keine Spur, daß er Fleiſchers Buch gekannt habe.

Nun wußte man deutlich, unter welchen Umſtänden die Farben entſtünden, und welchen Weg die Lichtſtrahlen durch die Waſſertropfen nähmen. Allein noch wußte man nicht zu erklären, warum gerade dieſe Farben in einer ſolchen Ordnung ſich zeigen, wie man ſie am Regenbogen ſieht. Dieſe Erklärung war erſt Newton vorbehalten. De Dominis behauptete von den verſchiedenen farbigen Strahlen, daß diejenigen roth wären, welche innerhalb des Regentropfens den kleinſten Weg zurücklegten, diejenigen hingegen blau und grün, welche am weiteſten durchs Waſſer gehen. Die übrigen Farben ſollten nach damaliger allgemein angenommener Meynung eine Miſchung von dieſen drey Hauptfarben ſeyn.

So richtig de Dominis die Entſtehung des Hauptregenbogens erklärt, ſo irrte er ſich doch bey der Erklärung von der Entſtehung des äuſſern Regenbogens. Er glaubte nämlich, daß ſich dieſer eben ſo, wie der Hauptregenbogen bilde; denn er meinte, daß die vom untern Sonnenrande herkommenden Strahlen durch zweymalige Brechung und einer Zurückwerfung aus andern Stellen ins Auge gebracht würden, da der Hauptregenbogen von Strahlen des obern Randes entſtünde. Aus der Entſtehung der Farben bemüht

müht er ſich zugleich zu erklären, warum die Farben im äuſſern Regenbogen umgekehrt ſind. Er behauptet nämlich, daß es zweyerley Farben, wahre und falſche gebe, und daß Farben aus einer Miſchung des Schattens und Lichtes entſtehen. Seine Erklärung iſt jedoch äußerſt gezwungen, und die dazu gebrauchte Figur undeutlich. Auch vermißt man in dieſer Theorie die Beſtimmung der Halbmeſſer beyder Bogen aus dem Brechungsverhältniſſe.

In Rückſicht des Sehens begeht de Dominis den nämlichen Fehler, wie Porta, daß er den Sitz des Sehens in die Cryſtalllinſe ſetzt, und überdem auch keine Brechung innerhalb des Auges annimmt. Der Meynung des Porta, daß das Sehen durch etwas von auſſen her bewirkt werde, ſtimmt er zwar bey; allein er meint doch, alle Erſcheinungen ließen ſich mit der Platoniſchen Lehre von ausfahrenden Seheſtrahlen gar wol vereinigen. Uebrigens wußte er die Urſache der Geſichtsfehler, und die Art, wie ihnen durch Gläſer abgeholfen wird, nicht zu erklären; hieran war ſeine unrichtige Behauptung, daß das Auge die auffallenden Strahlen nicht breche, Schuld. Er glaubt mit Porta, daß bey weitſichtigen Perſonen die Cryſtalllinſe zu trocken und zu hart, bey kurzſichtigen Perſonen hingegen zu feucht und zu weich ſey [q]).

Noch ehe de Dominis ſeine Erklärung von der Entſtehung des Regenbogens bekannt gemacht hatte, verfiel auch ſchon Thomas Harriot auf die richtige Erklärung deſſelben. Er ſagt nämlich in einem Briefe an Keplern [r]) von den Farben des Regenbogens mit kurzen Worten, die Urſache ſey in den ein-

q) De radius viſus et lucis etc. p. 16. 18.

r) Epiſtolae ad *Keplerum* ſcriptae, epiſt. CCXXXIII.

einzelnen Tropfen durch die Zurückwerfung auf der hohlen Seite und die Brechung auf der erhabenen zu ſuchen. Dieß ſchrieb er im Jahre 1606. Den nämlichen Gedanken hatte auch ſchon Kepler in ſeinem Briefe, worinn er Harrioten um die Urſache der Farben bey der Strahlenbrechung befragt, geäuſſert. Nur glaubt Kepler, daß die beyden Strahlen von der Sonne und dem Auge an den Tropfen denſelben berühren, weil er bloß in dieſer Lage die Farben für möglich hält. Auch bemerkt er, daß der Strahl nach einer zweymaligen Zurückwerfung im Tropfen erſt aus demſelben kommen könnte, begeht aber dabey den Irrthum, daß er daraus einen innern Regenbogen entſtehen laſſen will.

In einem andern Briefe an Keplern *) führet Harriot eine ihm eigne Wahrnehmung an, daß das Gold, ungeachtet es der dichteſte Körper ſey, in dünne Blättchen geſchlagen durchſichtig werde, ſo daß man dadurch eine Lichtflamme erkennen könne, die aber ein grünliches Anſehen erhalte. Die Durchſichtigkeit leitet er blos vom leeren Raume ab. Dagegen fragt ihn Kepler, warum einige undurchſichtige Körper, wenn ſie in Oel getränkt ſind, durchſichtig würden?

*) Epiſtolae ad *Keplerum* ſcriptae, epiſt. CCXXXV.

Zweytes Kapitel.

Meynungen und Entdeckungen in der Lehre von der Wärme.

Meynungen über das Weſen der Wärme.

Dem erſten aufmerkſamen Beobachter mußten ſchon die gemeinſten Wirkungen der Wärme einen hinreichenden Beweis geben, daß ſie bey Erzeugungen neuer Körperarten, Vernichtungen und Umformungen mancher Körper eine noch wichtigere Rolle in der Natur ſpiele, als das Licht. Ja bey geringem Nachdenken konnte man ſehr leicht auf die Folge geleitet werden, daß ſie die wahre Triebfeder der ganzen lebenden Natur ſey. Allein ſo ſehr auch die großen Wirkungen der Wärme in die Augen fielen, ſo waren doch die erſten Unterſuchungen über dieſen Gegenſtand von geringer Erheblichkeit. Die allgemein beliebte Methode, alles durch Spekulation herauszubringen, verſpätete auch hier die gute Sache ungemein.

Die Scholaſtiker hielten die Wärme für eine bloße Qualität, und leiteten dieſe Behauptung irrig von dem Ariſtoteles ab; dieſer nahm nämlich für Wärme und Feuer ein eigenes Element von überaus kleinen und beweglichen Theilen an, welches unter allen das unkörperlichſte ſey. Ueberhaupt hat man von jeher über das Weſen der Wärme zweyerley Meynungen gehabt, welche im Fortgange der Zeit auf verſchiedene Weiſe modificirt worden ſind. Nach der erſtern Meynung wird die Wärme als etwas Unkörperliches, nach

der andern aber als etwas wirklich Exiſtirendes, das von den Körpern ausfließt, und im Zuſtande der Freyheit unſern Körper afficirt, betrachtet. Aus folgender Erzählung wird man ſehen, daß manche Behauptungen der ältern Naturforſcher über das Weſen der Wärme ſelbſt mit den der neueſten Phyſiker ſo übereinzuſtimmen ſcheinen, daß man ſich faſt überreden ſollte, letztere hätten jene Meynungen, ohne ſie jedoch zu nennen, als etwas Neues hervorgeſucht. Eine ſolche Meynung iſt beſonders die, welche Bacon von Verulamio vorgetragen hat[t]). Dieſer behauptet nämlich, die Wärme ſey keine wirkliche Subſtanz, ſondern eine bloße expanſive Bewegung mit eigenen Eigenſchaften. Er unterſcheidet aber ſehr ſcharfſinnig die Wärme oder die Form derſelben von demjenigen, was andere Körper durch Mittheilung erwärmt; oder mit andern Worten: die urſprüngliche Wärme d. i. die Form iſt unterſchieden von derjenigen Wärme, welche andere Körper durch Mittheilung jener erhalten; denn letztere beſteht nicht aus der Form ſelbſt, ſondern ihrer Natur nach in einer Verähnlichung oder Vermehrung derſelben. Uebrigens unterſcheidet Bacon ſehr richtig die Wärme von dem Feuer, welchen Unterſchied die nachherigen Phyſiker nicht ſo genau befolgt haben. Das Feuer iſt nämlich nach ihm das Zuſammenkommen der Wärme und des Lichts in einem Körper; eine Aeußerung, welche zu erkennen giebt, es ſey zwiſchen Wärme und Licht ein Unterſchied.

Die Eigenſchaften der Wärme, welche vorzüglich beweiſen, daß ſie in einer bloßen expanſiven Bewegung beſtehe, ſind nach Bacon folgende:

1)

t) De interpretatione naturae. in opp. Franc. 1665. fol. p. 348. ſqq.

1) Dehne ſie alle Körper aus und zerſtreue zuletzt ihre Theile, ſo daß ſie ein größeres Volumen als vorher einnähmen. Dieß zeige ſich beſonders bey der Flamme, wo ſich offenbar der Dampf oder Rauch zerſtreue und die Flamme ſelbſt bilde. Er fügt noch eine große Menge anderer Beyſpiele hinzu, welche die Expanſion der Wärme erweiſen. Am beſten bemerke man die ausdehnende Bewegung an der Luft, welche ſich bey ſehr geringer Wärme in einen ungemein größern Raum ausbreite.

2) Erfolge die expanſive Ausdehnung zwar nach allen möglichen Richtungen, ſie ſey aber heftiger nach oben hin. So empfinde die Hand ſenkrecht über einem eiſernen glühenden Stabe gehalten weit ſchneller die Hitze, als zur Seite oder unten. Auch beweiſen dieß die Deſtillationen, bey welchen jederzeit die Veranſtaltung ſo getroffen iſt, daß das zu Gewinnende in die Höhe getrieben werde.

3) Sey die Wärme keine expanſive Bewegung der ganzen Maſſe, ſondern nur der kleinern Theile der Körper, und zwar vibrirend. Daher entſtehe die zitternde Bewegung, die man bey ſehr großer Hitze und bey der Flamme wahrnehme; auch ſey dieß die Urſache, warum die Wärme die kleinſten Poren der Körper durchdringe, und gleichſam wie unendlich viele Nadelſpitzen wirke.

4) Erfolge die expanſive Bewegung mit einer gewiſſen Schnelligkeit, die jedoch bey verſchiedenen Körpern auch verſchieden ſey. So erfordere das Gold zur Trennung ſeiner Theile keine ſo große Hitze, als das Eiſen, obgleich beyde beynahe eine gleiche Zeit dazu gebrauchten.

Auch

Auch Kepler hält die Wärme für eine bloße Qualität [u]).

Das Thermometer nebſt der freyen, fühlbaren oder thermometriſchen Wärme.

Das Thermometer, oder richtiger Thermoſkop, welches für die Naturlehre von äußerſter Wichtigkeit iſt, wird von den meiſten nach Dalencé [x]) als eine Erfindung des Cornelius Drebbel, eines erfinderiſchen Landmannes aus Alkmar in Nordholland angeführt, durch welchen es in der erſten Hälfte des ſiebenzehnten Jahrhunderts in Holland und England bekannt ward. Einige haben jedoch dem Cornelius Drebbel die Ehre dieſer Erfindung nicht zugeſtehen, ſondern vielmehr den Nachrichten des berüchtigten Engländers Robert Fludd oder *a Fluctibus* zu Folge das Thermoſkop als ein längſt bekanntes Inſtrument betrachten wollen. Es hat nämlich dieſer Engländer in ſeiner philoſophia Moyſaica (lib. I. c. 2.) ein ſolches Thermoſkop in Kupfer ſtechen laſſen, und dabey zugleich bemerkt, er habe den Abriß davon in einer Handſchrift, welche zum wenigſten 500 Jahre alt geweſen, gefunden. Paſchius [y]) führt daher ohne weitere Unterſuchung dieſes Vorgeben für eine gewiſſe Wahrheit an, und ſchließt mit den Worten: ergo ſic huic quoque invento ſua conſtat antiquitas. Nach dieſer Anführung müßte aber die Erfindung dieſes Inſtruments in die allerdunkelſten Zeiten gefallen ſeyn, in welchen weder die Phyſik noch die

u) Epiſtolae ad *Keplerum* ſcriptae. epiſt. CLII.

x) Traité des barométres, thermométres et notiométres. Amſt. 1688. 8.

y) Tract. de novis inventis. Lipſ. 1700. 4. p. 625.

die Mechanik bearbeitet wurde. Es iſt daher wohl mehr als wahrſcheinlich, daß der ſchwärmeriſche Engländer Fludd, welcher gerade dazumal in Oxford lebte, da Cornelius Drebbel beym Könige in England gegenwärtig war, und Nachricht von dem Thermometer erhielt, aus Neid oder ſonſtiger Urſachen wegen die angeführte Handſchrift erdichtete.

Der berühmte Arzt Sanctorius zu Padua [z]) führt an, daß er ein Werkzeug erfunden habe, das zur Erforſchung der verſchiedenen Temperatur des Körpers der Kranken diene. Es haben daher Poleni [a]), Malpighi [b]) und Borelli [c]) ohne Anſtand dieſem Arzt die Erfindung des Thermometers zugeſchrieben. Auch kann man ſonſt den beyden erſten Florentinern eben keine Partheylichkeit, auch nicht für die Gelehrten der Paduaniſchen Schule Schuld geben. Muſſchenbroek [d]) bemerkt, es ſey das Inſtrument des Sanctorius den Auswärtigen nicht bekannt geworden; daher könne man von dieſer Quelle die frühe Verbreitung des Thermometers von England und Holland nicht ableiten.

Ferner wird noch die Erfindung des Thermometers vom Viviani dem Galilei, und vom P. Fulgenzio dem großen venetianiſchen Theologen Paul Sarpi (insgemein Fra. Paolo genannt) zugeſchrieben; jedoch iſt dieß erſt nach ihrem Tode geſchehen,

z) Commentar. in Galenum art. med. imgl. comment. in Avicen. Fen. I.

a) Inſtitutio philoſoph. experiment.

b) Opp. poſth. p. 30.

c) De motu animalium. Lib. II. prop. 175.

d) Introduct. ad philoſoph. natural. T. II. §. 1565.

ſchehen, und es läßt ſich ſehr wahrſcheinlich vermuthen, daß daran bloß die eitle Ehrbegierde Schuld iſt, den erwähnten Italiänern alle mögliche merkwürdige Entdeckungen ihrer Zeit beyzulegen.

Aus dieſer kurzen Erzählung erhellet, daß die eigentliche Erfindung des Thermometers ungewiß iſt. Daher bemerkt auch Sturm in ſeinem collegio curioſo, es ſey ſchwerlich zu erwarten, den eigentlichen Erfinder des Thermometers zu entdecken.

Das Drebbelſche Thermometer, ſo wie es auch Bacon von Verulam unter dem Ausdruck Calendare vitrum beſchreibt, gab die Wärme durch Ausdehnung der Luft an, und war daher ein ſo genanntes Luftthermometer. In dem Gefäße (fig. 35.) ab befindet ſich gemeines Waſſer mit Scheidewaſſer vermiſcht, damit es nicht ſogleich gefriere. Die leere gläſerne Kugel e mit der daran befindlichen engen Röhre wird erwärmt, damit ein Theil Luft heraustrete; hiernächſt wird die Oeffnung der engen Röhre in das Gefäß ab, hineingeſteckt. So bald nun die Kugel erkaltet, zieht ſich die Luft in ihr wieder zuſammen, und der Liquor tritt durch c in die enge Röhre hinauf. Damaliger Zeit wußte man noch nicht, daß der Druck der äußern Luft die Urſache dieſes Hinauftreibens des Liquors in die Röhre ſey, ſondern man glaubte, daß die Luft, indem ſie ſich zuſammenziehe, das Waſſer wegen des Abſcheues für den leeren Raum mit in die Höhe nehme. Nun wird längſt der Röhre eine Skale in beliebige Theile als Thermometergrade getheilt angebracht. Geſetzt alſo, der Liquor ſey bey einer gemäßigten Temperatur etwa bis d hinaufgeſtiegen, ſo wird er bey größerer Wärme unter d herabſinken und bey größerer Kälte über d hinaufſteigen.

Aus dieſen Erſcheinungen des Thermometers zieht Bacon von Verulamio den Schluß, daß die Luſt weit mehr Empfänglichkeit für Wärme und Kälte beſitze, als unſer Gefühl, und daß dieſes Werkzeug vorzüglich dazu diene, die Wärme und Kälte der Körper beſtimmter anzugeben, als irgend ein anderes Mittel.

Diejenige Wärme, welche auf das Thermometer wirkt, wird eben freye oder fühlbare oder thermometriſche Wärme genannt. In den damaligen Zeiten war es auch bloß dieſe, die man betrachtete. Erſt in den neuern Zeiten hat man von latenter oder unmerkbarer Wärme geredet. Die Urſache liegt blos darinn, weil man faſt allgemein glaubte, die Wärme ſey ein bloßer Zuſtand der Körper, welche erſt durch Einwirkung äußerer Urſachen, beſonders durchs Reiben der Körper an einander oder der kleinen Theile derſelben, entſtehe. Daher auch Bacon von Verulamio ſagt, wenn man in irgend einem Körper eine ſolche Bewegung, die ihn ausdehnt oder gar zerſtreut, bewirken könne, jedoch ſo, daß die Zerſtreuung der Theile nicht auf eine gleichförmige Art, ſondern gleichſam nur Ruckweiſe oder vibrirend erfolge, ſo könne man verſichert ſeyn, daß man dadurch Wärme erzeuge [e]).

Bacon von Verulamio hat überhaupt die Wärme auf mannichfaltige Art betrachtet, und ſchon manche ſchöne Fingerzeige gegeben, welche nach der Zeit mit glücklichem Erfolge ausgeführt worden ſind. Verſchiedene Ideen über dieſen Gegenſtand zeigen aber auch

e) De interpretat. naturae in opp. Francof. 1665. fol. p. 351.

auch ſehr deutlich, welche irrige Vorſtellungen man von der Wärme in den damaligen Zeiten hatte. Ich werde das hieher gehörige dieſes großen Beförderers der Wiſſenſchaften kurz anführen.

Bacon liefert zuerſt ein großes Verzeichniß von Körpern, welche fühlbare Wärme von ſich geben. Dahin rechnet er z. B. die Sonnenſtrahlen beſonders im Sommer und zu Mittage, die feurigen Meteore, die Flamme die aus feuerſpeyenden Bergen hervortritt, eine jede andere Flamme, die warmen Bäder, die erwärmten Liquoren, heiße Dämpfe, die in Hölen eingeſchloſſene Luft beſonders im Winter, alle wollartige Körper, alle Körper die eine Zeitlang dem Feuer nahe geweſen ſind, friſche ſaftige Kräuter die eine Zeitlang auf einen Haufen gelegen, lebendiger Kalk mit Waſſer beſprengt, Eiſen im Scheidewaſſer aufgelöſet, Pferdemiſt zuſammengehäuft u. ſ. f.

Hiernächſt giebt er ein Verzeichniß von ſolchen Körpern, welche keine Wärme von ſich geben; dahin rechnet er z. B. die Strahlen des Lichtes des Mondes, der Sterne und der Kometen, die Sonnenſtrahlen in einer gewiſſen Höhe der Atmosphäre oder in der Nähe der Pole, oder die ſehr ſchief auffallenden Sonnenſtrahlen. Bey dieſer Gelegenheit ſchlägt er vor, einen Spiegel zu verfertigen, deſſen Wirkung der Wirkung der Brennſpiegel gerade entgegengeſetzt ſey. Denn er vermuthet, daß die Wärmeſtrahlen in einem ſolchen Spiegel eben ſo gut geſchwächt werden könnten, wie das Bild durch einen gehörig geſtellten Spiegel durch divergirende Strahlen von einander gezogen würde. Ferner ſchlägt er auch vor, mit einem Brennſpiegel den Verſuch anzuſtellen, ob die Lichtſtrahlen des Mondes Wärme beſitzen, er erinnert aber dabey, man müſſe

ſie

ſie zu dieſer Abſicht auf ein Glas fallen laſſen, welches die Temperatur der Luft anzeige. Auch wünſcht er die Verfertigung eines Brennglaſes, womit man Verſuche anſtellen könne, ob die bloße Wärme ohne Licht, z. B. in der Nähe eines warmen Stück Eiſens, oder eines warmen Liquors u. ſ. f., mehr condenſirt werden könne. — Dieſe Vorſchläge ſind nach der Zeit auch wirklich ausgeführt worden, wovon die Reſultate an den gehörigen Orten werden erzählt werden.

Bey ſolchen Auflöſungen, wo Wärme erzeugt wird, wie z. B. bey der Auflöſung des Eiſens in Scheidewaſſer, glaubt Bacon, daß die Theile des aufzulöſenden Körpers mit Gewalt durch die Wirkung des Auflöſungsmittels von einander geriſſen würden, wodurch ein Reiben der Theile an einander entſtehe; bey denjenigen Auflöſungen hingegen, wo ſich keine fühlbare Wärme zeigt, wichen die Theile des aufzulöſenden Körpers durch die Wirkung des Auflöſungsmittels ohne Widerſtand von einander, daher auch kein Reiben ſtatt fände. — Dieſe irrige Vorſtellung hat ihren Grund darinn, daß Bacon glaubte, es entſtehe durch ſolche Auflöſungen urſprüngliche Wärme, welche aber beſonders durch Reibung der Theile an einander erzeugt werde. Er dachte aber nicht daran, daß vielleicht bey der Auflöſung die latent gewordene Wärme durch irgend eine Urſache wieder frey oder empfindbar werde. Ja ſelbſt beym lebendigen Kalke, auf welchem Waſſer geſprengt wird, leitet er die dadurch entſtehende Wärme durch das Reiben der Theile an einander ab; denn nach ſeiner Meynung werde der feurige Geiſt (ſpiritus igneus) von dem Waſſer beunruhiget, ſo daß dadurch ein gewiſſes Reiben der Theile an einander entſtehe.

Hier

Hierauf betrachtet Bacon diejenigen Körper, welche für unſer Gefühl keine Wärme beſitzen, aber doch geneigt ſind ſich zu erwärmen, wie z. B. der Schwefel, die Naphtha, friſche ſaftige Kräuter auf einem Haufen zuſammengeworfen, Sand, Salz u. ſ. ſ. Für den erſten Grad fühlbarer Wärme nimmt er die der Thiere an, um andere Wärmegrade damit zu vergleichen; dabey bemerkt er, daß der niedrigſte Grad der thieriſchen Wärme kaum bemerkbar ſey, wie bey den Inſekten, der höchſte Grad aber kaum die Wärme der Sonnenſtrahlen in den heißeſten Tagen erreiche. Man kannte alſo damals den wahren Gebrauch des Thermometers noch nicht; man hielt es blos für ein Wetterglas in Abſicht der Wärme und Kälte der Luft, und es hatte daher den Nahmen calendare vitrum erhalten.

In Anſehung der Empfänglichkeit für Wärme hält er die Luft am empfindlichſten, hiernächſt folgt der Schnee oder das Eis, welche beyde bey gelinder Witterung zu ſchmelzen anfangen; hierauf das Queckſilber, alsdenn die fetten Körper, als Oele, Butter u. ſ. ſ. Darauf folgt das Holz, das Waſſer und zuletzt die Steine und alle metalliſche Subſtanzen. Ob ſich nun gleich die letztern nicht ſo leicht erwärmten, ſo hielten ſie doch die einmal erlangte Wärme länger zurück, ſo daß z. B. ein erwärmter Backſtein, oder ein warmes Stück Eiſen in einem Becken unter kaltes Waſſer gebracht die Wärme über eine Viertel Stunde behalte. Ueberhaupt bemerkt Bacon, daß ein Körper unter ſonſt gleichen Umſtänden deſto geſchwinder erwärmt werde, je kleiner ſeine Maſſe ſey.

In

In Rückſicht der Wärme, welche unſer Gefühl afficirt, komme es blos auf Relation an; ſo werde eine kalte Hand Waſſer von mittelmäßiger Temperatur für warm, eine ſehr warme Hand hingegen daſſelbe für kalt halten.

Auch erinnert Bacon, daß weder glühendes Eiſen, noch andere glühende Metalle, die doch andere nahe gebrachte Körper erwärmten, etwas von ihrem Gewichte und ihrer Subſtanz verliehren.

Uebrigens ſetzt er drey Arten von Wärme feſt; nämlich die Wärme der himmliſchen Körper, der Thiere und des Feuers. Die beyden erſten Arten erzeugen und erhalten, die dritte aber verdirbt und zerſtöhrt.

Weil die Wärme nach Bacon's Meynung keine körperliche Subſtanz iſt, ſo glaubt er, daß nicht allein unſere Erde, ſondern auch alle auf ſelbiger befindlichen Körper von Natur kalt wären. Die Erde ſey nur durch lange Einwirkung der Sonne erwärmt; indeſſen erſtrecke ſich die Wärme der Erde nicht ſehr tief. Im Winter wären unterirrdiſche Hölen dieſerwegen warm, weil die Kälte die Theile der Oberfläche der Erde zuſammenziehe, und auf ſolche Art unten die Wärme zurückhalte.

Ob nun gleich Bacon die Kälte als wirkliche Abweſenheit der Wärme betrachtet, ſo behauptet er doch in Rückſicht der Kälte viele irrige Sätze. So glaubt er z. B. daß die Körper deſto kälter ſind, je größere Dichtigkeit ſie beſitzen, ſo wie auch die dichtern Körper die Wärme länger zurückhielten, als die weichern; ſo meint er ferner, der Schnee ſey dieſerwegen kälter als Waſſer, weil er mehrere Geiſter als dieſer beſitze, und eben daher entſtehe bey der Vermiſchung

des

des Eiſes mit Salze, als einer künſtlich zubereiteten Kälte, eine ſo große Vermehrung der Kälte u. ſ. f. [f]).

Geſetze, welche die freye Wärmematerie bey ihrer Verbreitung und Vertheilung befolgt, waren in den damaligen Zeiten gänzlich unbekannt, und ſind erſt nachher durch ſorgſältige Verſuche entwickelt worden.

Wirkung der Wärme auf die Körper.

Die erſte längſt bekannte Wirkung der Wärme, welche an den der Hitze ausgeſetzten Körpern ſo ſehr in die Augen fällt, iſt die Ausdehnung in einen größern Raum. Eben dieſe Wirkung gab Veranlaſſung, die Wärme für keine körperliche Subſtanz zu halten. Daß ſich die Luft ſchneller und ſtärker, als die flüſſigen Materien; dieſe ſtärker und ſchneller als die feſten Körper ausdehnen, führt bereits Bacon von Verulamio hin und wieder in ſeinen Werken an; wie weit aber die Ausdehnung bey verſchiedenen Körpern, wenn ſie bey einerley Volumen in gleichem Grade erhitzt werden, ſich erſtrecke, war damaliger Zeit gänzlich unbekannt. Man hatte nämlich noch auf keine Mittel gedacht, durch welche es möglich wäre, die Größe dieſer Ausdehnung nur einigermaßen zu beſtimmen.

Indeſſen führt Bacon an, daß die Wärme überhaupt das vorzügliche Agens ſowol in der Werkſtätte der Natur, als auch in künſtlichen Operationen ſey. Er bemerkt, daß durch hinreichende Einwirkung der Wärme die Theile der feſten Körper von einander getrennt, und dadurch in den Zuſtand der Flüſſigkeit verſetzt werden können; jedoch ſey bey verſchiedenen Körpern verſchiedene Wärme dazu nöthig; ja es gebe ſogar

f) Hiſtoria naturalis. Centur. I. n. 69. ſq.

ſogar einige Körper, wie z. B. das Gold, welche man zu ſchmelzen gar nicht im Stande ſey. Sobald aber der zum Schmelzen der feſten Körper nöthige Grad der Hitze wieder geringer werde, ſo fiengen ſie auch an, in ihren vorigen natürlichen feſten Zuſtand wieder zurück zu gehen, und eben darinn ſucht Bacon den vorzüglichſten Beweis ſeiner Behauptung, daß alle Körper von Natur kalt wären, indem die Kälte alles verdichte.

Auch führt Bacon eine andere merkwürdige Wirkung der Wärme auf verſchiedene Körper an, da nämlich dieſe in Dämpfe (vapores) verwandelt werden. Nur irrt er darinn, daß er beſonders die Waſſerdämpfe für wirkliche Luft hält, und auch daher glaubt, daß die Luft durch Erkaltung wieder in Waſſer verwandelt werden könne[g]). Er ſagt, dieſe Wirkung der Wärme bey der Verdampfung der Körper erhelle am beſten bey den Deſtillationen. Allein bey dieſen Operationen könne man doch die wahren und letzten Wirkungen der Hitze nicht erlangen, weil durch Hülfe der Deſtillationen die aufgehobenen Dämpfe in eingeſchloſſenen Gefäßen wieder verdichtet, und folglich dadurch nicht weiter als Trennung zweyer oder mehrerer mit einander vermiſchter Subſtanzen bewirkt werden könne. Wenn man dagegen eine ſolche Veranſtaltung zu treffen wiſſe, wodurch die Körper vermöge der Hitze geändert würden, aber keine Trennung und Verdichtung der veränderten Subſtanzen in ſelbigen erfolgen könne, ſo iſt er der Meynung, daß die Wärme verſchiedene Wirkungen hervorbringen werde. Zu dem Ende ſchlägt er vor, ſich einen eiſernen hohlen Würfel verfertigen zu laſſen, in welchen ein

g) Hiſtoria naturalis. Cent. I. n. 27.

ein hölzerner genau paſſe. Wenn man nun dieſen in jenen gebracht, und die offene Seite mit einer eiſernen Platte durch ein gutes lutum genau verſchloſſen hätte, ſo ſolle man den Würfel mit glühenden Kohlen umgeben, und ihn einige Stunden darinn glühend erhalten. Hier meint Bacon, da die Verdampfung und wirkliche Verbrennung des Holzes nicht habe ſtatt finden können, es würde ſich vielleicht das Holz entweder in eine breyartige Materie, oder ſeine zarten Theile in Luft, ſeine gröbern Theile aber in eine Materie von größerer Dichtigkeit, als die Subſtanz des Holzes ſelbſt beſäße, verwandelt haben. Hiernächſt ſolle man mit eben dem eiſernen Würfel noch folgenden Verſuch anſtellen; man ſolle ſelbigen mit Waſſer füllen, und ihn eben ſo wie vorhin, genau verſchließen. Dieſen mit Waſſer gefüllten Würfel ſolle man einer gelinden Wärme ausſetzen, ihn alsdenn wieder etwas erkalten laſſen, abermals in gelinde Wärme bringen, und auf ſolche Art einigemal verfahren. Durch dieſe Operation könne man vielleicht mittelſt der Wärme bewirken, daß das Waſſer, als einer von den einfachſten Körpern, gar keinen Geſchmack mehr habe, u. ſ. f. Ueberhaupt meint Bacon, daß man auf dieſe Art durch die Wärme des Feuers in kurzer Zeit Wirkungen hervorbringen könne, welche ſonſt die Sonnenwärme in einer weit längern Zeit hervorbringen würde [b]). Aus dieſer kurzen Erzählung ſieht man, wie wenig Zuverläſſiges man in den damaligen Zeiten von der Wirkung der Wärme ſagen konnte, und zu welchen irrigen Vorſtellungen man verleitet werden könne, wenn man Beobachtungen und Verſuche nicht mit der größten Sorgfalt anſtellt.

b) Hiſtoria naturalis. Centur. II. n. 99.

Drittes Kapitel.

Meynungen und Entdeckungen in der Lehre vom Feuer.

Um alle Zweydeutigkeiten zu vermeiden, erinnere ich hier ein für allemal, daß unter dem Worte Feuer die Verbindung der freyen Wärme mit dem Lichte verſtanden wird. Obgleich in den damaligen Zeiten dieſe Lehre noch ſehr im Dunkeln lag, ſo ſcheint es mir doch wichtig, die wenigen Meynungen, welche man von dem Feuer hatte, kürzlich zu berühren, zumal da ſelbſt nachher eine geraume Zeit verfloſſen iſt, ehe man von dieſem Gegenſtande richtigere Vorſtellungen erhielt. Die Peripatetiker, welche gar keinen Unterſchied zwiſchen dem Feuer und der Flamme machten, hielten das Feuer für eine aus den brennenden Körpern ausgehende elementariſche Subſtanz. Sie dachten nicht daran, daß auch Feuer ohne Flamme ſtatt finden könne. Dagegen unterſcheidet ſchon weit richtiger Bacon von Verulamio das Feuer und die Flamme von einander. Das Sonnenfeuer hält er für elementariſch, das ſogenannte Küchenfeuer aber für eine Verbindung der Wärme mit dem Lichte. Das Verbrennen der entzündbaren Körper, wodurch das Küchenfeuer zuwege gebracht wird, erklärt Bacon auf folgende Art: durch die Wärme werde der Geiſt des entzündbaren Körpers verdünnt, wodurch Licht erzeugt werde, hiernächſt vertreibe das entſtandene Feuer den Geiſt, und mache den Körper anfänglich zerbrechlich, nachher verwandele es ihn aber in Aſche.

Kein

Kein Körper dringe in denjenigen ein, welchen das Feuer zerſtöre, ausgenommen das heiße Waſſer, welches den Körper, den es erhitzt, durchdringe, die Geiſter wieder erſetze, und dadurch das erregte Feuer zum Theil wieder verlöſche [i]).

Die Flamme, welche die verbrennlichen Körper bey ihrem Verbrennen zeigen, iſt nach Bacon nichts weiter, als der brennende Rauch oder Dampf, welcher ſich durch das Feuer aus dem Körper entwickelt. Bey dieſer Gelegenheit widerlegt er auch eine zu ſeiner Zeit herrſchende Meynung, daß die Flamme die gemeine brennende Luft ſey. Die pyramidaliſche Geſtalt der Flamme wird nach ihm von der äußern Luft bewirkt; dieſe comprimire nämlich die Flamme an den Seiten, und ziehe dadurch ſelbige in die angeführte Form; denn von Natur, ſagt er, würde ſie eigentlich rund erſcheinen; daher käme es auch, daß ſich der Rauch da, wo die Luft die Flamme verlöſche, und denſelben aufnehme, als eine verkehrte Pyramide darſtelle.

Er ſagt, die Flamme vermiſche ſich nicht leicht mit der Luft, außer in inſtanti, oder in den Lebensgeiſtern lebendiger Geſchöpfe. Erſteres finde beſonders bey der Entzündung des Schießpulvers ſtatt. Er erklärt ziemlich glücklich die ſtarke Exploſion des entzündeten Schießpulvers. Die Urſache davon liegt nach ihm in den Salpeter. Dieſer enthalte nämlich einen rohen und blaſenden Geiſt, welcher ſich bey der erſten Hitze des Feuers ausdehne, (denn ſchon die gemeine Luft werde durch die Hitze ungemein verdünnt, und ſuche in dieſem Zuſtande alle ihr im Wege ſtehende Hinderniſſe durch ein Blaſen wegzuſchaffen) und nachher

i) Hiſtoria naturalis, Centur. VII. n. 683.

her die Flamme gleichſam wie ein ſtarker Blaſebalg anbläſe. Daß dieß wirklich vom Salpeter herrühre, erhelle daraus, weil in andern Subſtanzen, als im Schwefel, Pech, Campher und in andern brennbaren Materialien, wenn ſie auch die heftigſte Flamme von ſich gäben, dennoch kein ſolches Blaſen der Flamme wahrgenommen würde, als beym Schießpulver. Sehr wahrſcheinlich verſteht Bacon unter dem rohen und blaſenden Geiſte des Salpeters eine gewiſſe ihm unbekannte elaſtiſche Materie, keinesweges aber, wie de Loys mit Gewißheit behaupten will, Feuerluft. Ohne Zweifel brachten Bacon die durchs Feuer flüchtig gewordenen Theile der Körper, die in Dampfform entweichen, auf den Gedanken, daß die Körper Geiſter enthalten, wie bereits ſchon oben erwähnt iſt. Noch mehr ſcheint dieß daraus zu erhellen, da er auch dem Queckſilber, einem rohen und wäſſerichten Körper, eine ähnliche Gewalt wie dem Schießpulver zuſchreibt, wenn es nämlich in engen Gefäßen erhitzt wird [k]).

Viertes Kapitel.

Meynungen und Entdeckungen in der Lehre vom Waſſer.

Man kannte eine ſehr große Menge von Erſcheinungen am Waſſer, welche nach der Wiederherſtellung der Wiſſenſchaften zu manchen unrichtigen Behaup-

k) Hiſtoria naturalis. Cent. I. n. 30.

hauptungen Veranlaſſung gaben. Von ſolchen Phänomenen, welche vom Drucke, Gleichgewichte und Bewegung des Waſſers abhangen, iſt bereits im vorigen geredet worden. Hier wird alſo nur noch nöthig ſeyn, kürzlich anzuführen, welche Vorſtellungen man ſich von den übrigen Eigenſchaften des Waſſers in dieſer Epoche gemacht hat. Ganz allgemein hielt man das Waſſer für eine elementariſche Subſtanz. Der Gedanke, daß das Waſſer compreſſibel ſey, war ſchon in den damaligen Zeiten ziemlich gemein; man ſuchte dieß aus der Fortpflanzung des Schalles durch daſſelbe, und beſonders durch das mehrere Male Auf- und Niederſpringen der gegen die Waſſerfläche unter einem ſehr ſpitzen Winkel geworfenen Steine zu erweiſen. Außerdem führt auch noch Bacon von Verulamio folgende Erfahrung an, aus welcher ſich die Compreſſibilität des Waſſers ergebe: wenn man nämlich Liquoren von einem Faſſe auf Flaſchen abziehe und nachher ſelbige aus den Flaſchen wieder in das Faß fülle, ſo würde dieſes noch lange nicht wieder ſo voll, als es vorher geweſen wäre. Er meint zwar, es könne ein Theil der Flüſſigkeit durchs Anhängen in den Flaſchen verlohren gehen, allein dieſer ſey doch viel zu gering, um den ſo großen bemerkbaren Verluſt daraus zu erklären; er glaubt daher vielmehr, daß die Liquoren in den Flaſchen mehr als in dem Faſſe comprimirt würden, ſich nachher aber nicht in den vorigen Zuſtand wieder zu verſetzen im Stande wären. Bacon ſagt, dieſer Verluſt ſey am Weine merklicher, als am Waſſer[1]). — Bacon dachte aber nicht daran, wie viel wohl durch Verdampfung verlohren gehen möchte. — Indeſſen war er der erſte, welcher einen

1) Hiſtoria naturalis. Cent. IX. n. 864.

nen Verſuch über das Zuſammendrücken des Waſſers anführt: er füllte eine hohle hinlänglich ſtarke bleyerne Kugel genau mit Waſſer voll, und ſchmolz die Oeffnung zu; hierauf hämmerte und preßte er die Kugel flach, und folgerte daraus, daß das Waſſer nothwendig zuſammengedruckt ſeyn müſſe, weil die Kugel die größt möglichſte Capacität beſitze. Endlich aber, als er die Kugel noch mehr zuſammenpreſſen wollte, drang das Waſſer, wie ein feiner Thau, durch das Bley m). Nach der Zeit ſind mehrere Verſuche dieſer Art wiederholt worden, wovon am gehörigen Orte.

Daß ſich das Waſſer durch Einwirkung der Wärme nach und nach in Dämpfe verwandeln laſſe, war damals ebenfalls bekannt. So führt Bacon folgenden richtigen Verſuch an: wenn man in einem Gefäße Waſſer einer gelinden Wärme ausſetzt, ſo fängt ſich ſchon Waſſerdampf zu bilden an, jedoch in geringer Menge, ohne daß man an dem Waſſerkörper ſelbſt die geringſte Veränderung wahrnimmt; ſobald aber die Wärme im hinreichenden Grade vermehrt wird, ſo löſet ſich das Waſſer durch das Aufſteigen ſehr großer Blaſen in ungemein häufigen Dampf auf, und entweicht in dieſer Form ſehr ſchnell. Iſt kein Hinderniß im Wege, ſo vermiſcht er ſich anfänglich ſichtbarlich mit der Luft, und verſchwindet nachher gänzlich in ſelbiger. Geſetzt aber, es begegne der Dampf, noch ehe er unſichtbar wird, einen feſten, beſonders ſehr glatt polirten Körper, alsdenn wird er ſich zerſetzen, und wieder als wirkliches Waſſer zurückkehren. Man bemerkt aber auch ferner Dämpfe, die ſich von der Erde erheben, und von der Sonnenwärme gänzlich zer-

m) Novum organon. in opp. Francof. 1665. fol. p. 390.

zerſtreuet, und völlig unſichtbar werden. Wenn dieſen Dämpfen die ihnen nöthige Wärme durch Kälte in der Atmosphäre entzogen wird, ſo zerſetzen ſich ebenfalls dieſe Dämpfe, und trüben dadurch die Luft [n]). So richtig aber auch Bacon durch dieſen Verſuch die Entſtehung und das Verhalten des Waſſerdampfes anführt, ſo ſcheint er doch von den Dämpfen überhaupt noch keinen ganz richtigen Begriff gehabt zu haben. Es erhellet dieß aus den Gründen, welche er zum Beweiſe der Behauptung, daß ſich die Luft in Waſſer verwandeln könne, anführet. Dieſe Gründe ſind nämlich folgende: 1. die Kälte: Durch dieſe werde die Luft im Thermometer condenſiret, und ſehr wahrſcheinlich bey einem gewiſſen Grade zu Waſſer. Auch bey der Entſtehung der Quellen verdichte ſich die Luft durch Kälte zum Waſſer, indem ſie in den innern Hölen eingeſchloſſen ſich nicht zerſtreuen könne, und die Kälte der Felſen ungemein auf ſie wirke. Selbſt bey der Entſtehung des Regens in der mittleren Luftregion werde die Luft durch die Kälte in Waſſer verwandelt. 2. Die Compreſſion, wie in den Deſtillirhelmen, wo die aufgeſtiegenen Dämpfe an den Wänden derſelben zerſetzt würden; eben ſo ſammleten ſich auch thauähnliche Tropfen an dem Deckel, womit ein mit ſiedendem Waſſer angefüllter Topf bedeckt wäre. — Hier verwechſelt Bacon offenbar die Dämpfe mit der Luft, ob er gleich hinzuſetzt, daß in dieſen Fällen die Luft gerade in dem Grade ſey, ſich in Waſſer zu verwandeln. — 3. Die Vermiſchung feuchter Dämpfe mit der Luft; jedoch ſey hier die Sache noch nicht hinlänglich unterſucht; daher thut er den Vorſchlag, einen Verſuch anzuſtellen, ob aus der Zerſetzung ſolcher Däm-

n) Impetus philoſophici. in opp. p. 734.

Dämpfe mehr Waſſer zum Vorſchein käme, als vor der Dampfoperation vorhanden geweſen wäre? In einem ſolchen Falle müßte nothwendig der Zuwachs des Waſſers von der Luft herrühren. 4. Endlich führt er noch als wahrſcheinliche Urſache an, daß die Luft in die leeren Zwiſchenräume der Körper dringe und dieſelben feucht mache, indem ſich die Luft in Waſſer verwandele [o]). Eben hieraus will Bacon das Aufſchwellen und Zuſammenziehen der Thüren, Darmſaiten, hänfener Schnüre u. d. gl. bey feuchter Witterung ableiten [p]). Uebrigens meint er, es ſey ſehr wahrſcheinlich, daß dasjenige, was das Waſſer in Eis verwandele, auch gewiſſer Maaßen die nächſte Urſache ſey, die Luft in Waſſer zu kehren [q]).

Aus der Zerſetzung der unſichtbaren Dämpfe in der Atmosphäre erklärt auch Bacon den Regen, den Thau und den Reif. Er ſagt ausdrücklich, der Regen und der Thau ſey nichts weiter, als die Wiederkehr der von der Erde aufgeſtiegenen und in der Atmosphäre condenſirten Waſſerdämpfe zum Waſſer: der Thau beſonders entſtehe wegen der Abweſenheit der Sonnenwärme, und daher auch die geringe Kälte; der Regen aber durch die Kälte der mittleren Luftregion, welche weit ſchärfer und ſtärker ſey. Den Reif betrachtet er als einen gefrornen Thau [r]).

Von der Entſtehung des Schnees hatte dagegen Bacon eine hievon ganz verſchiedene Vorſtellung. Er hält dieſen für nichts weiter als für einen Schaum der Wolken, welche Regen enthalten; jedoch ſey er käl-

o) Hiſtoria naturalis. Centur. I. n. 27.

p) ibid. Cent. I. n. 80.

q) ibid. Cent. I. n. 82.

r) ibid. Cent. I. n. 81.

kälter, als Waſſer, weil er jenem mehrere Geiſter als dieſem beylegt. Weit richtiger erklärt Kepler den Schnee als gefrorne Dünſte in der Atmosphäre. Er ſagt nämlich, jeder Dampf, der ſich von der Erde in die Luft erhebet, iſt völlig durchſichtig und flüſſig, und kann ſich von ſelbſt nicht beſchränken; daher komme ihm gar keine Figur zu, bis er ſich durch die Kälte entweder in Schnee oder in Tropfen verdichte. Auch war Kepler der erſte, welcher auf die merkwürdige ſechsſpitzige Sterngeſtalt des Schnees aufmerkſam war. Nothwendig, ſagt er, müſſe eine Urſache dieſes regelmäßigen Baues der Schneeflocken vorhanden ſeyn, welche aber keinesweges in der Materie, woraus ſich der Schnee bilde, liegen könne, ſondern vielmehr eine wirkende Urſache anderswoher ſeyn müßte. Die Kälte ſelbſt aber könne ſie nicht ſeyn, weil dieſe nichts poſitives, ſondern nur etwas negatives wäre. Unter allen aber, was Kepler hierüber ſagt, verdient blos dieß angeführt zu werden, daß er meint, es beſitze vielleicht ein jedes flüſſiges Weſen eine Eigenſchaft, nach Art der Cryſtallen beym Uebergange aus der Flüſſigkeit in die Feſtigkeit eine eigne Fügung anzunehmen, welche nach Verſchiedenheit der flüſſigen Materie auch verſchieden iſt [s]).

s) Strena ſ. de nive ſexangula. Francof. 1611. 4.

Fünftes Kapitel.

Meynungen und Entdeckungen ſolcher Erſcheinungen, welche von den von ſelbſt erfolgenden Miſchungsveränderungen organiſcher Körper abhangen.

Man hat von jeher dafür gehalten, daß die von ſelbſt erfolgende Miſchungsveränderung der Körper eine der vornehmſten Operationen der Natur ſey. Man kannte alle drey Arten von Miſchungsveränderungen, nämlich die Weingährung, Eſſiggährung und faule Gährung oder die Fäulniß, hielt ſie aber nicht als Stufen ein und des nämlichen Ueberganges, ſondern als ganz von einander verſchiedene Operationen. Obgleich überhaupt erſt in den neuern Zeiten die Theorie der Gährung mehr Licht erhalten hat, ſo iſt doch nicht zu läugnen, daß den ältern Phyſikern und Chemikern beſonders in Anſehung der Fäulniß verſchiedene Umſtände, die dabey als nothwendige Bedingungen vorausgeſetzt werden, bekannt waren, und die hier angeführt zu werden verdienen.

Theophraſtus Paracelſus meint, die Fäulniß ſey das Erſte bey der Erzeugung neuer Körperarten. Sie könne aber nicht eher ſtatt finden, als bey der Wärme und Feuchtigkeit. Wenn aber dieſe beyden Stücke im hinreichenden Grade vorhanden wären, ſo beginne auch die Fäulniß, und verändere alle natürliche Dinge in ihrer Form und in ihrem Weſen. Sie verwandele die natürlichen Dinge aus einer Form in die andere, aus einer Farbe in die andere, aus einem

nem Geruch in den andern, und überhaupt aus einer Eigenſchaft in die andere; ja ſelbſt die Verdauung der Speiſen geſchehe durch keinen andern Prozeß, als durch die faule Gährung. Es ſey alſo mit einem Worte die Fäulniß die Veränderung und der Tod aller Dinge, und daher die Wiedererzeugung und Entſtehung tauſend anderer Weſen. Paracelſus geht hierbey freylich zu weit, indem er ſogar glaubt, daß durch die Fäulniß von den Thieren Menſchen und von den Menſchen Thiere, ja ſelbſt ohne Zuſammenkunft des männlichen und weiblichen Geſchlechtes Menſchen und Thiere erzeugt werden könnten. Ueberhaupt war es in den damaligen Zeiten ein allgemeiner Wahn, daß man ſich für überzeugt hielt, die Maden, Würmer, Inſekten u. ſ. f. die man bey ſolchen Dingen fand, die in die Fäulniß übergehen, als ein Produkt derſelben anzuſehen [t]). So führt auch Johann Baptiſta Porta ein großes Verzeichniß von Thieren an, welche durch die Fäulniß erzeugt werden können [u]).

Nach Bacon's von Verulamio Urtheile verdient die Fäulniß eine umſtändliche Unterſuchung, da ſie gewiſſer Maaßen der Erzeugung entgegengeſetzt ſey. Beyde die Fäulniß und die Erzeugung machen die Grenze aller Operationen der Natur aus, und ſind gleichſam der Keim zum Tod und zum Leben. Er betrachtet die Fäulniß als eine Wirkung der Geiſter, die ſich von den Körpern zu entfernen ſtreben, um in der Luft frey die Sonne zu genießen. Eben aus der Entweichung der Geiſter leitet Bacon den ſo ſtarken oft äußerſt ekelhaften Geruch der in Fäulniß übergehenden Körper ab. Ueberhaupt meint er, daß dem Beſtreben

t) De rerum natura. libri VII. lib. I.

u) Magiae naturalis. libri XX. lib. I. cap. I. ſqq.

ben der Geiſter, aus den Körpern zu entweichen, fünf verſchiedene Wirkungen zum Grunde liegen: 1. das Flüſſigwerden, wenn die Bewegung, wodurch die Geiſter zum Freywerden gereizt werden, heftig iſt, wie z. B. in Metallen; 2. die Digeſtion oder Zeitigung, wenn dieſe Bewegung gelind iſt, wie z. B. beym Gähren geiſtiger Getränke und beym Reifen der Früchte; 3. die Fäulniß, wenn die Geiſter ſich in Unordnung entbinden, wie beym Fleiſche, Obſt, leuchtenden Holze u. ſ. f. Auch rechnet Bacon hieher das Roſten der Metalle; 4. die Belebung und Bildung, wenn ſich die Geiſter in Ordnung entbinden; dahin gehören nach Bacon die Thiere, welche durch die Fäulniß erzeugt werden; 5. die Austrocknung, Verhärtung, Verzehrung u. ſ. f. wenn den Geiſtern die Ausgänge offen ſtehen, wie z. B. die Austrocknung der Backſteine, die Verdampfung eines flüſſigen Körpers u. ſ. w.

Bacon zählt folgende Mittel auf, durch welche die Fäulniß beſchleuniget wird: 1. die Feuchtigkeit; 2. die Berührung mit faulen Körpern; 3. der ſtärkere Druck der Geiſter, wie z. B. wenn Getreide oder Kräuter über einander gehäuft werden; 4. die Trennung des Zuſammenhanges, wie z. B. wenn ein Baum auf irgend eine Art verletzt wird; 5. die Vertreibung oder Entweichung derjenigen Geiſter, welche zur Conſiſtenz eines Körpers nothwendig erforderlich ſind, wie z. B. beym erkalteten Blute, welches leicht in Fäulniß übergeht; 6. der Eintritt eines fremden Geiſtes, welcher einen höheren Grad von Schärfe beſitzt, als der gewöhnliche Geiſt des Körpers; 7. ein ſo ſchwacher Wärmegrad, daß er die Geiſter nur ſehr gelinde bewegt, und ſelbige nicht zu vertreiben vermag,

mag, wie dieß z. B. beym Fleiſche erhelle, das an einem nicht ſehr kalten Orte aufbewahrt werde; 8. die Erſchlaffung der Geiſter; 9. die Abwechſelung der Wärme und Kälte, der Trockenheit und Feuchtigkeit; 10. eine lange Ruhe der Geiſter.

Ferner führt Bacon folgende Mittel an, die der Fäulniß entgegen ſind; 1. die Kälte; 2. die Zuſammenziehung; daher komme es, daß ein wenig Vitriolöl das Waſſer für Fäulniß bewahre; 3. theils die Ausſchließung der Luft, theils aber auch die Zulaſſung derſelben; auf ſolche Art kann der Wein, das Bier u. ſ. f. eine lange Zeit in genau verſtopften Gefäßen gut erhalten werden; da hingegen Kleidungsſtücke in Behältniſſen, wohin keine Luft kommen kann, durch Moder verderben; 4. die Bewegung, wie z. B. fließendes Waſſer; 5. die Ausdünſtung einer in den Körpern befindlichen fremden Feuchtigkeit, wie z. B. beym Trocknen der Kräuter; 6. die Stärkung der Geiſter; denn ſo wie eine große Hitze der Fäulniß widerſtehe, eben ſo ſey auch ein ſtarker Geiſt derſelben entgegen; auch ſey daher ſalziges Waſſer nicht ſo leicht, wie ſüßes, der Fäulniß unterworfen, u. ſ. f.; 7. die Abſonderung der ſcharfen Theile, wodurch der Körper leichter wird; So bleibt deſtillirtes Waſſer länger unverdorben, als undeſtillirtes; 8. das beſtändige Ablöſen des bereits verfaulten Theiles; 9. die Beymiſchung öhlichter oder ſüßer Sachen; 10. die Beymiſchung eines trockenen Körpers, wie z. B. beym geräucherten Fleiſche x).

Uebrigens iſt Bacon ebenfalls der Meynung, daß die Produkte der Fäulniß, woſern ſich dieſe nicht in

x) Hiſtoria naturalis. Cent. IV. n. 329. ſqq.

in luftförmigen Stoffen endiget, allerhand Thiere und Pflanzen ſind [y]).

Die Eſſiggährung hält Bacon für eine Art der faulen Gährung [z]).

Man ſieht aus dieſer Erzählung, wie wenig richtiges man von dieſem Gegenſtande in den damaligen Zeiten ſagen konnte.

Sechſtes Kapitel.

Meynungen und Entdeckungen in der Lehre von der Elektricität.

Verſuche an elektriſchen Körpern, welche die Elektricität beweiſen.

Unter denjenigen Körpern, welche gerieben eine Kraft erhalten, leichte Körper an ſich zu ziehen, war den Alten ganz allein der Bernſtein (ἤλεκτρον, electrum) bekannt. Eben daher iſt auch der Nahme Elektricität entſtanden. Mehrere Körper, welche die nämliche Eigenſchaft wie der Bernſtein beſitzen, hat erſt der berühmte Engländer Gilbert, der zu Ende des 16ten Jahrhunderts lebte, (ſtarb 1603) angeführt. Dahin rechnet er den Demant, Saphir, Carfunkelſtein, Regenbogenſtein (Iris

y) Hiſtoria naturalis. Cent VII. n. 605.

z) Hiſtoria vitae et mortis. in opp. Franc. 1665. fol. p. 550. 12.

(Iris gemma), Amethyſt, Opal, den *Vincentina*, den Briſtoler Stein, den Beryll und Cryſtall. Ferner fügt er auch die Bemerkung hinzu, daß das Glas, beſonders ſehr reines und durchſichtiges, alle aus Glas oder Cryſtall künſtlich verfertigte Edelſteine, Spiesglanzglas, die meiſten ſpathigen Subſtanzen und die Belemniten die am Bernſtein bemerkte anziehende Kraft beſitzen. Endlich hat er auch dieſe Kraft wahrgenommen am Schwefel, Maſtix, Gummilack, Colophonium, Steinſalz, Talk und Bergalaun. Das Harz, ſagt er, habe dieſe Eigenſchaft nur im geringen Grade, und das Steinſalz, der Talk und Bergalaun zeigen nur die anziehende Kraft bey heiterer und trockener Witterung.

Im Gegentheil giebt auch Gilbert folgendes Verzeichniß von Körpern an, welche gerieben, die Eigenſchaft, leichte Körper anzuziehen, nicht erlangen, wenn ſie auch eine große Politur erhalten hätten: Smaragd, Achat, Carneol, Perlen, Jaspis, Chalcedon, Alabaſter, Porphyr, Corallen, Marmor, lydiſcher Stein, Kieſel, Blutſtein, Smirgel, Knochen, Elfenbein, harte Hölzer, als Ebenholz, Cedernholz, Wachholderholz, endlich die Metalle und der Magnetſtein, weil dieſe zu viel Erde enthielten.

Von den elektriſchen Körpern wurden Gilberts Verſuchen zufolge angezogen Spreu, alle Metalle, alle Holzarten, Steine, Erde, Waſſer, Oel, und überhaupt alles, was in unſere Sinne fällt, oder dicht iſt. Dagegen bemerkte er, daß die Luft, die Flamme, die glühenden Körper, und alle ſehr feine Materien ſich nicht anziehen ließen. Am ſehr dicken

Rauche nähm er zwar wahr, daß er merklich angezogen wurde, jedoch nur alsdenn, wenn er ein wenig verdünnt war.

Gilbert erkannte, daß das Reiben der elektriſchen Körper überhaupt nothwendig iſt, die Elektricität bemerklich zu machen, und daß daſſelbe zu dieſer Abſicht deſto mehr vermöge, je lebhafter und je leichter es geſchehe. Zwar führt er als Ausnahme dieſer Regel ein großes polirtes Stück Bernſtein an, welches auch ohne vorheriges Reiben leichte Körper anzog; allein ſehr wahrſcheinlich hat ſich Gilbert ſelbſt geirrt. Ueberdieß hatte er die Bemerkung gemacht, daß trockene Luſt, und die Nord- und Oſtwinde zur Hervorbringung der elektriſchen Erſcheinungen ſo ſehr günſtig wären, daß ſie noch 10 Minuten lang nach der Erregung der Elektricität wirkten. Auch dauert die Elektricität im Sonnenſcheine längere Zeit als im Schatten, obgleich die durch ein Brennglas condenſirten Sonnenſtrahlen die Elektricität des Bernſteines und anderer elektriſcher Körper im geringſten nicht erregten, ſondern vielmehr ſchwächten. Eben ſo waren auch die feuchte Luſt und die Südwinde der Erregung der Elektricität ungemein hinderlich. Ueberhaupt bemerkte er, daß jede hinzukommende Feuchtigkeit die Wirkung der elektriſchen Kraft ſehr ſchwäche; dahin gehört das Ausathmen, das Beſprengen mit Branntwein oder Weingeiſt u. ſ. f. jedoch mit Ausnahme des reinen Oels. Auch ein feines Stück Taffent, das er auf den geriebenen Bernſtein legte, zerſtörte die Elektricität, aber nicht allemal. Endlich ſagt er, zeigten alle elektriſche Körper keine Kraft mehr, nachdem ſie gebrennt oder geröſtet worden waren.

Um

Um das elektriſche Anziehen an den Körpern deſto gewiſſer und ſicherer wahrzunehmen, hatte Gilbert folgende Veranſtaltung getroffen: er nahm 3 bis 4 Zoll lange dünne Stücken Metall, mit welchen er die meiſten Verſuche anſtellte, und ließ ſie nach Art der Magnetnadeln um ihren Schwerpunkt auf einer lothrecht ſtehenden Spitze ruhen; hiernächſt brachte er die geriebenen elektriſchen Körper den äußerſten Enden der frey ſchwebenden Metallſtäbchen nahe. Bey den Verſuchen mit Waſſer brachte er einen Tropfen auf einen trockenen Körper, und näherte dieſen einem elektriſchen Körper; dabey bemerkte er ſchon, daß ſich der Waſſertropfen gegen den elektriſchen Körper in einer koniſchen Geſtalt hinzog.

Daß aber die Luft durch die elektriſche Kraft keine Aenderung erleide, folgert Gilbert aus folgendem Verſuche: wenn nahe an der Flamme einer Lampe ein geriebener elektriſcher Körper gebracht wurde, ſo nahm er nicht die geringſte Bewegung derſelben gewahr, welches doch nothwendig hätte erfolgen müſſen, wenn die Luft von dem elektriſchen Körper angezogen würde, indem dadurch ein Luftſtrohm wäre bewirkt worden.

Zwiſchen dem elektriſchen und magnetiſchen Anziehen bemerkt Gilbert folgende richtige Unterſchiede: 1. werde die Elektricität durch Dazwiſchenkunft irgend einer Feuchtigkeit vernichtet, da hingegen der Magnet, ohne denſelben zu reiben, bey trockener und feuchter Luft, auch bey der Dazwiſchenkunft ſehr feſter Körper ſeine Kraft nicht verliehre; 2. der Magnet zeige nur eine Kraft auf magnetiſche Körper, da hingegen die Elektricität auf die meiſten andern Körper Wirkung äußere; 3. der Magnet ziehe Körper von beträcht=

beträchtlichem Gewicht, da im Gegentheil die Elektricität nur ſehr leichte Körper anziehe; 4. bey der elektriſchen Anziehung wirke nur der elektriſche Körper, und der nicht elektriſirte bewege ſich nach jenem nur nach der geriebenen Stelle in gerader Linie hin; bey der magnetiſchen Anziehung aber bewegten ſich beyde magnetiſche Körper gemeinſchaftlich gegen einander, und zwar direct nach den Polen, nach den übrigen Theilen aber ſchief, ſo wie ſie ſich auch an einander hängen.

Die übrigen Unterſchiede, welche Gilbert in Anſehung der elektriſchen und magnetiſchen Kraft anführt, verdienen weiter keiner Erwähnung[a]).

Auch giebt Bacon von Verulamio ein Verzeichniß von elektriſchen und nicht elektriſchen Körpern an, welches aber von dem, was Gilbert anführt, nicht verſchieden iſt. Sehr wahrſcheinlich hat er dieſes aus Gilbert's Schrift genommen, indem er ihn hin und wieder anführt. Uebrigens ſcheint auch Bacon weiter keine Verſuche und Beobachtungen über dieſen Gegenſtand gemacht zu haben.

Aus dieſer kurzen Erzählung ſieht man, daß die in dieſem Zeitraume angeſtellten elektriſchen Verſuche gering, jedoch von Erheblichkeit waren, indem ſie ſchon Veranlaſſung genug zu mehrerern und genauern elektriſchen Unterſuchungen gaben.

Meynungen über das Weſen der Elektricität.

Gilbert ſchließt aus ſeinen angeführten Verſuchen, daß durchs Reiben der elektriſchen Körper Ausflüſſe

a) De magnete, magneticisque corporibus et de magno magnete tellure, phyſiologia nova. Lond. 1600. fol. Lib. I. cap. II.

flüſſe aus dieſen erfolgen, durch welche die Anziehung anderer Körper geſchehe. Er glaubte nämlich, das elektriſche Anziehen erfolge gerade ſo, wie das Anziehen der körperlichen Theile, die in die Berührung kommen. So fließen ein Paar Waſſertropfen, wenn ſie ſich berühren, in einander, und eben ſo ziehen die durchs Reiben der elektriſchen Körper bewirkten Ausflüſſe die ihnen nahe gebrachten Körper an. Der Grund, warum die Metalle nicht elektriſch ſind, beruhet nach Gilbert nicht darinn, daß ſie keine Ausflüſſe beſitzen, ſondern blos darinn, daß dieſe Ausflüſſe allzu grob, allzu erdartig ſind. Er meint, die elektriſchen Ausflüſſe wären die feinſten aller derjenigen, welche aus den Körpern kommen, und die ganze elektriſche Anziehung geſchehe vermittelſt der Feuchtigkeit, welches er eben aus der Anziehung der flüſſigen Tropfen ſchließet. — Gilbert erkannte wohl, daß ein Grund der elektriſchen Anziehung da ſeyn müſſe; allein ſeine Meynung darüber iſt wenig befriedigend. Man darf ſich doch darüber nicht wundern, da ſelbſt bis auf unſere Zeit wenig in dieſer Sache ausgemacht iſt. —

Siebentes Kapitel.

Meynungen und Entdeckungen in der Lehre vom Magnetiſmus.

Die Eigenſchaft des natürlichen Magnets, das Eiſen an ſich zu ziehen, und mit ziemlicher Kraft

zu halten, iſt ſchon den älteſten Völkern bekannt geweſen. Nirgends aber findet man bey den Alten der Beobachtung Erwähnung, daß ſich leichte Eiſentheile an zweyen gerade entgegengeſetzten Punkten auf dem Magnete am häufigſten und ſenkrecht angelegt hätten, oder daß ein jeder natürlicher Magnet zwey einander gerade entgegengeſetzte **Pole** beſitze. Ohne Zweifel ward dieſe beſondere Eigenſchaft erſt beym Gebrauche der Magnetnadel zu Waſſer in den dunkelſten Zeiten, vielleicht gar erſt im 14ten Jahrhundert zufälliger Weiſe bekannt, indem man wahrnahm, daß ſich die frey ſchwebende Magnetnadel beſtändig mit der einen Spitze gegen Mitternacht, und folglich mit der ihr entgegengeſetzten Spitze gegen Mittag richtete, und eben dieſe angenommene Richtung eines frey ſchwebenden Magnets oder einer Magnetnadel, wird die **Polarität** genannt. Man begnügte ſich aber, eine ſo wichtige Entdeckung für die Schiffarth gemacht zu haben, und vergaß dabey ſelbſt noch nach der Wiederherſtellung der Wiſſenſchaften Experimentaluntersuchungen über den Magnet anzuſtellen.

Etwas wenig merkwürdiges vom Magnete findet man erſt beym Johann **Baptiſta Porta** [b]). Mit Recht hält er den natürlichen Magnet für einen eiſenhaltigen Stein, nur führt er, wie damals allgemein Mode war, ſehr ſonderbar an, daß der Magnet das Eiſen nur deswegen anziehe, weil das Eiſen, das im Magnete noch nicht vollkommen ſey, wegen der Sympathie ſich mit dem vollkommenen Eiſen zu verbinden ſtrebe, um ſich ebenfalls vollkommen zu machen. Daher, ſagt er, ziehe der Magnet keinen Stein an, weil er wegen ſeiner Vollkommenheit keinen bedürfe,

b) Magiae naturalis libri XX. lib. VII.

und wenn ein Magnet einen andern Magnet anziehe, ſo geſchähe dieß nicht wegen des Steins, ſondern wegen des im Magnet enthaltenen Eiſens. Auch bemerkt er, daß er oft einen Magnet in glühende Kohlen gebracht mit einer himmelblauen Farbe brennen geſehen, und nachher gefunden habe, daß derſelbe alle ſeine Kraft, das Eiſen zu ziehen, verlohren, indem nämlich das Eiſen im Magnete durch die Gluth des Feuers in Kalk verwandelt und die magnetiſche Kraft durch die farbige Flamme vertrieben ſey.

Porta giebt folgende Methode an, die beyden Pole des Magneten zu finden: wenn man einen Magnetſtein in einen leichten hölzernen Kahn legt, und dieſen aufs Waſſer ſetzt, ſo wird er ſich ſo lange hin und her bewegen, bis der Nordpol des Magnets gegen Norden und der Südpol deſſelben gegen Süden gerichtet iſt. Das nämliche wird erfolgen, wenn man den Magnet an einen zarten Faden aufhängt. Ferner, ſagt er, wenn man ſich von dem einen Pole zum andern eine gerade Linie gedenket, ſo falle dieſe bey einem frey ſchwebenden Magnet gerade in die Mittagslinie des Ortes, und er nennt ſie die Polarlinie (gewöhnlich heißt ſie die magnetiſche Mittagslinie). Porta kannte alſo die Abweichung der Magnetnadel noch nicht. Uebrigens führt er als etwas ſehr merkwürdiges an, daß, wenn ein Magnet in noch ſo viele Theile, nach welchen Richtungen man wolle, getheilt werde, ein jeder Theil ſeine eigenen Pole, mithin ſeine eigene Polarlinie, die allemal durch die Mitte gehe, beſitze.

Porta giebt ferner an, daß die Magneten ſich mit ihren ungleichnahmigen Polen, dem Süd- und Nordpole (welche ſonſt auch freundſchaftliche

Pole heißen) anziehen, mit den gleichnahmigen Polen hingegen, dem Süd und Südpole oder dem Nord- und Nordpole (welche ſonſt auch feindliche Pole heißen) abſtoßen, und daß ſich die erſtern mit mehrerer Stärke anziehen, als ſich die leztern zurückſtoßen.

Porta bemerkt, daß ein Magnet das Eiſen ſtärker, als einen andern Magneten anziehe; darinn irrt er ſich aber, daß er glaubt, der Magnet ziehe das Eiſen nicht in allen Punkten ſeiner Oberfläche, ſondern nur in einem einzigen Punkte, und in dem gerade entgegengeſetzten Punkte ſtoße er es zurück. Sein Irrthum liegt darinn: er hieng nämlich einen Eiſendrath an einen zarten Faden auf, und nachdem er einen Magnet in einer gewiſſen Entfernung von demſelben genähert, und ihm alle ſeine Punkte dargeſtellt hatte, ſo bemerkte er, daß nur ein Punkt das eine Ende des Drathes anzog; hiernächſt wendete er den Magnet mit dem gerade entgegengeſetzten Punkte gegen daſſelbe Ende des Drathes, welches von dem erſten Punkte angezogen war, und fand, daß der Drath zurückgeſtoßen wurde. Allein Porta wußte noch nicht, daß der Drath durchs Berühren mit dem Magnet ſelbſt Polarität erlange, ob er gleich ſehr leicht hätte darauf verfallen können, indem er verſchiedene Verſuche über den dem Eiſen mitgetheilten Magnetiſmus angeſtellt hat, wie ich gleich anführen werde.

Er beſtrich nämlich den einen Theil eines Eiſendrathes mit dem Nordpole eines Magneten, legte hierauf denſelben in einen ſehr leichten hölzernen Kahn, der auf dem Waſſer ſchwamm, und bemerkte, daß der beſtrichene Theil ſüdliche Polarität erlangt hatte, indem er ſich nach Süden wendete; beſtrich er aber den einen Theil des Eiſendrathes mit dem Südpole des

Magnets

Magneten, ſo erhielt er nördliche Polarität, indem er ſich nach Norden wendete. Den Grund dieſer Erſcheinung ſucht er ſehr ſonderbar darinn, daß er glaubt, es werde die magnetiſche Kraft desjenigen Pols, welcher das Eiſen berühre, figiret, und es bleibe daher die Kraft des entgegengeſetzten Poles nur wirkſam, und eben dieſe werde durchs Streichen dem Eiſen mitgetheilt. Uebrigens bemerkt er noch, daß die einem eiſernen Stäbe durchs Streichen mit einem Magnete mitgetheilte magnetiſche Kraft einem andern eiſernen Stabe, von dieſem wieder einem andern u. ſ. f. mitgetheilt werden könne.

Mit ſehr vielem Glücke unternahm es endlich der engliſche Arzt William Gilbert, die magnetiſchen Erſcheinungen in ein Syſtem zu bringen [c]). Er legt bey ſeinen Unterſuchungen den Magnetiſmus der ganzen Erde zum Grunde, und iſt der erſte, welcher die kugelförmigen Magneten oder Terrellen angiebt, von welchen er ſich aber mehr verſprach, als ſie in der Folge geleiſtet haben. Er war nämlich der Meynung, es ſollten dieſe gerade ſo im Kleinen wirken, wie unſere Erde im Großen. Dem Porta vorzüglich läßt er das gerechte Lob wiederfahren, daß dieſer beſonders durch ſeine Verſuche mit dem Magneten Veranlaſſung gegeben habe, dieſen wichtigen Gegenſtand einer weitern und genauern Unterſuchung zu würdigen.

Außer der Methode, welche Porta angegeben hat, die Pole eines Magneten zu finden, giebt Gilbert

c) De magnete, magneticisque corporibus et de magne magnete tellure, phyſiologia nova. Lond. 1600. fol. Sedini. 1633. 4.

bert unter andern noch dieſe beſonders an: wenn man die Spitze einer ſehr feinen eiſernen oder ſtählernen Nadel auf verſchiedene Punkte eines Magnets bringe, ſo werde daſelbſt gerade ein Pol ſeyn, wo ſich die Nadel auf der Fläche des Magnets ſenkrecht ſtelle; der gerade entgegengeſetzte Punkt ſey alsdenn der andere Pol, und werde eben ſo gefunden.

Gilbert hat wahrgenommen, daß derſelbe Magnet das reine Eiſen weit ſtärker zieht, als das unreine. Ferner bemerkt er, daß ſelbſt Eiſenerze, wenn ſie 10 bis 12 Stunden im gelinden Feuer durchgeglühet, und hierauf wieder langſam erkaltet ſind, ſich einander anziehen. Auch beſitze ein ſo zubereitetes Eiſenerz, wie der Magnet, die beyden Pole mit derſelben Richtung gegen Süden und Norden. Die nämliche Eigenſchaft erlange das Eiſen durch das Schmieden.

Gilbert widerlegt zwar die vom Porta angegebene Urſache, warum das Eiſen den Magnet ziehe; die von ihm angegebene iſt aber auch nicht viel beſſer; er ſtellt ſich nämlich vor, homogene Dinge beſäßen ein gewiſſes inneres Beſtreben, ſich zu vereinigen, um ſo Einheit und Harmonie ins Ganze zu bringen; daher ziehe der Magnet das Eiſen nicht allein, ſondern beyde der Magnet und das Eiſen hätten ein gegenſeitiges Beſtreben, ſich mit einander zu vereinigen.

Mit Recht behauptet aber Gilbert gegen Porta, daß ein jeder Magnet das Eiſen in allen ſeinen Punkten der Oberfläche anziehe; in den Polen am ſtärkſten, dagegen immer ſchwächer, je weiter die Stellen von den Polen liegen. Daraus ſchließt Gilbert, daß ſich die magnetiſche Kraft nach allen möglichen

lichen Richtungen, und zwar wie das Licht in einem Augenblicke verbreite, und daß ſie ſelbſt die dichteſten Körper durchdringe. Durch die Feuchtigkeit werde ſie aber geſchwächt und durch das Feuer zerſtört. Gleichwol wirke ſie durch die Flamme hindurch; wenn man nämlich die Flamme zwiſchen einer Nadel und einem Magnet bringe, ſo werde dieſer die Nadel eben ſo anziehen, als ob ſich zwiſchen ihnen nichts befände. Uebrigens erſtrecke ſie ſich aber nur bis auf eine gewiſſe Diſtanz vom Magnet, die jedoch bey wirkſamern Magneten größer ſey, als wenn das Gegentheil ſtatt finde.

Ferner bemerkt auch Gilbert, daß der magnetiſche Meridian nicht mit dem Meridiane des Ortes zuſammenfalle, ſondern ein wenig von dieſem abweiche; jedoch ſey die Abweichung des magnetiſchen Meridians von dem wahren an verſchiedenen Orten auch verſchieden.

Er vermehrte die magnetiſche Kraft 1. dadurch, daß er den Magnet in Eiſenfeile hielt, 2. dadurch, daß er auf den Magnet ein kleines Eiſenſtäbchen oder einen zweyten Magnet brachte. Beſonders aber wurde 3. die magnetiſche Kraft durch Bewaſnung des Magneten verſtärkt. Dieſe Bewaſnung beſtand in einem etwa einen Zoll breiten etwas concav nach der Form des Magneten geſchlagenen Bleches von dem beſten polirten Stahl, welches um den Magnet im Polarkreiſe herumgelegt ward. Ein Magnet, welcher auf dieſe Art bewaſnet war, trug 12 Unzen Eiſen, da er vor der Bewaſnung nicht mehr als 2 Unzen tragen konnte.

Gilbert hat ferner gefunden, daß derſelbe Magnet mehr Kraft gegen ein länglichtes Stück Ei-

ſen zeigt, als gegen ein rundes oder viereckſtes, und daß er einen mit einem Stücke Eiſen und andern Materien verbundenen Körper von einem beſtimmten Gewichte nicht trägt, wenn er gleich ein ſolides Stück Eiſen von demſelben Gewichte hält. Brachte er zwey große Magnete, einen jeden in einen beſondern leichten Kahn; ſo bemerkte er, daß ſie beyde mit gleicher Geſchwindigkeit ſich einander näherten, ſobald der eine in des andern Wirkungskreis gekommen war. Dieß nämliche beobachtete er auch, wenn er in den einen Kahn ſtatt des Magneten ein Stück Eiſen legte.

Theilte er einen Magnet in zwey gleiche Theile, ſo daß der Schnitt durch einen Meridian hindurch gieng, ſo fand er, daß ſich beyde Theile einander flohen; nachdem aber einer derſelben einen Halbkreis horizontal durchlaufen war, ſo näherten ſie ſich wieder. Eiſerne Stäbe oder Nadeln, welche von ein und demſelben Pole des Magneten berührt waren, ſtießen ſich ab. Wenn auch die gleichnahmigen Pole ſich fliehen, ſo fand doch Gilbert, daß, wenn er das ſüdliche Ende eines eiſernen Stabes mit Gewalt an den ſüdlichen Pol eines Magneten brachte, eine Vereinigung ſtatt fand; weil nämlich nach Gilberts Meynung die magnetiſche Kraft im Magneten weit ſtärker und beſtändiger als im Eiſen ſey, ſo vernichte er ſogleich die magnetiſche Kraft im Eiſen, und kehre den Pol um.

Ferner beobachtete Gilbert, daß Nadeln, wovon jede mit einer Spitze ein und den nämlichen Pol des Magneten berührt hatte, ſich an der andern Spitze abſtießen, die längſte mit größerer Stärke; daß ſich die nicht berührte Spitze einer längern Nadel der berührten Spitze einer kürzern langſamer näherte, als ſich die nicht berührte Spitze der kürzern der berührten

Spitze

Spitze der längern Nadel näherte; und daß berühr⸗te Eiſenſtäbe ſtärker und ſchneller vom Magneten angezogen wurden, als diejenigen, welche nicht be⸗rührt waren.

Auch bemerkte Gilbert, daß ſich die Kraft ei⸗nes Magneten durch das Eiſen weiter, als durch die Luft erſtrecke, und daß ein Eiſendrath auf dem Aequa⸗tor des Magneten gerieben ganz und gar keine Pola⸗rität zeigt.

Er hat ferner wahrgenommen, daß bloßes Eiſen auf mannichfaltige Art magnetiſch werden kann. So führt er an, daß Eiſendräthe die Eigenſchaft ſich nach Nor⸗den zu richten, dadurch erlangen, daß ſie während des Streckens unter dem Hammer nach dieſer Richtung gehalten werden; auch führt er Beyſpiele an, wo Ei⸗ſenſtäbe die magnetiſche Kraft blos dadurch erhielten, daß ſie ſich eine Zeitlang im magnetiſchen Meridiane unſerer Erde der Länge nach befunden haben.

Wenn die Spitze eines magnetiſchen Eiſendra⸗thes, welche nach Norden wieß, gegen Süden gerich⸗tet, und ſo geglühet und hiernächſt wieder abgekühlet wurde, ſo behielt ſie dieſe Richtung von ſelbſt bey.

Gilbert bemerkt endlich noch, daß ſich auch die magnetiſche Kraft eines Magneten mit der Zeit ände⸗re, indem ſich ein ſchwacher Magnet ohne Unterſchied mit dem einen oder andern ſeiner Pole an ein und dem nämlichen Pol eines ſtarken Magneten anhienge.

Uebrigens behauptet Gilbert, daß die magne⸗tiſche Axe unſerer Erde durch den Mittelpunkt derſel⸗ben gehe, und eine unveränderliche Lage behalte. — Nach der Zeit haben freylich mehrere Beobachtungen gelehrt,

gelehrt, daß die Lage der magnetiſchen Axe einer Veränderung unterworfen iſt. — Den Nordpol dieſer Axe betrachtet er als den magnetiſchen Südpol, und den Südpol derſelben als den magnetiſchen Nordpol. Da ſich nun die gleichnahmigen Pole abſtoßen, die ungleichnahmigen aber anziehen, ſo leitet er eben davon den Grund ab, warum ein jeder frey ſchwebender Magnet, oder ein magnetiſirter Eiſenſtab ſich jederzeit mit dem Nordpole gegen Norden, und mit dem Südpole gegen Süden richte. Dieſer Vorſtellung ſind nachher mit Recht alle Naturforſcher gefolget.

Magnetnadel.

Der Gebrauch der Magnetnadel fällt in die dunkelſte Periode des mittleren Zeitalters. Die meiſten führen den Neapolitaner Flavio Gioja als den erſten an, welcher im 13ten Jahrhunderte zu ſeinen Reiſen auf dem mittelländiſchen Meere dieſelbe gebraucht habe; nach andern aber ſoll es Giri, der aus Amalfi im Neapolitaniſchen gebürtig war, und um den Anfang des 14ten Jahrhunderts lebte, geweſen ſeyn. Die erſten Europäer, welche von ihren Reiſen zur See Nachrichten hinterlaſſen haben, fanden bereits bey den Sineſern die Magnetnadel. Dieß hat einige veranlaſſet zu glauben, die Kenntniß derſelben ſey aus China zu uns gekommen. Allem Vermuthen nach iſt auch die Abweichung des Magneten oder der Magnetnadel, d. i. der Winkel, welchen die magnetiſche Mittagslinie mit der Mittagslinie des Ortes macht, zuerſt zur See entdeckt worden. Ohne Zweifel hat man anfänglich die Magnetnadel auf Kork oder Strohhälme befeſtiget, und auf dem Waſſer ſchwimmen laſſen, ehe man darauf verfiel, ſie mittelſt eines Hütchens ins Gleichgewicht auf eine Spitze zu

ſetzen,

ſetzen, weil man ſchon die Abweichung der Nadel kannte, ehe man noch etwas von der Neigung derſelben, d. i. dem Winkel, um welchen die Richtung einer freyſchwebenden und im Gleichgewicht ſtehenden Magnetnadel gegen die Horizontalfläche geneigt iſt, kannte. Thevenot d) erzählt in ſeiner Reiſebeſchreibung, daß er einen geſchriebenen Brief vom Peter Adſigerius geſehen habe, welcher ſchon im Jahre 1269 wahrgenommen, daß die Magnetnadel 5 Grade gegen Norden abgewichen ſey. Ricciolus e) hingegen giebt für die erſten, welche die Abweichung der Magnetnadel beobachtet haben, den *Gonzalum Oviedo* und den *Sebaſtianum Chabot* an; allein de l'Isle f) hatte eine Handſchrift eines Piloten, Crignon aus Dieppe, vom Jahre 1534, welche dem Sebaſtian Chabot zugeeignet war, und in welcher der Abweichung der Magnetnadel gedacht wird. Es iſt daher zweifelhaft, ob Chabot die Abweichung der Nadel zuerſt entdeckt habe, oder ob ſie längſt vor ihm bekannt geweſen ſey. Noch andere g) führen den berühmten engliſchen Seemann und Künſtler Robert Norman, der um die Mitte des 16ten Jahrhunderts lebte, als den erſten an, der die Abweichung bemerkt habe. Wahrſcheinlich iſt aber dieß ein Irrthum, da dieſer nicht die Abweichung, ſondern vielmehr die Neigung der Nadel um das Jahr 1576 entdeckt haben ſoll. Levin Hulſius h) führt an, daß Georg Hartmann in Nürnberg im Jahre 1536 bey Verferti=

d) Recueil des voyages. Paris 1681. 8.

e) Geograph. et hydrograph. reformata. lib. VIII. cap. 12.

f) Memoir. de l'Academie royale des ſcienc. de Paris 1712.

g) Traité de l'aimant. Amſt. 1687. (p. *Dalencé.*)

h) Deſcriptio et uſus viatorii et horologii ſolaris. Norib. 1597. 12.

fertigung von Sonnenuhren die Abweichung $10\frac{1}{4}$ Grad gefunden habe, und 1550 ward ſie zu Paris von Orontius Fineus 8 Grad öſtlich beobachtet [i]). So ungewiß es alſo iſt, wer die Abweichung der Magnetnadel zuerſt entdeckt hat, ſo iſt es doch gewiß, daß erſt im 16ten Jahrhunderte zuverläſſige Beobachtungen von derſelben bekannt geworden ſind. Dieſe Beobachtungen mußten aber bald lehren, daß die Abweichung an verſchiedenen Orten verſchieden ſey. Gilbert giebt davon viele Beyſpiele an; er glaubte jedoch, ſie ſey an ein und demſelben Orte unveränderlich. Allein die Seefahrer entdeckten auch bald, daß ſie ſelbſt an ein und dem nämlichen Orte verſchieden ſey.

Die Abweichung der Magnetnadel und deren Veränderungen, hat man durch verſchiedene Hypotheſen zu erklären verſucht. Im Anfange, da man noch wenige Beobachtungen dieſer Art gemacht hatte, glaubte man, daß die Abweichung und deren Veränderungen bloß in der größern oder geringern Kraſt des Magneten, womit die Nadeln beſtrichen worden, oder auch in dem Umſtande, daß die Nadeln bald näher an den Polen des Magnets bald weiter von demſelben geſtrichen würden, ihren Grund haben. Man war nämlich der Meynung, eine genau am Pole des Magneten beſtrichene Nadel werde gar keine Abweichung zeigen. Allein die Erfahrung lehrte bald, daß dieſe Hypotheſen ohne allen Grund waren.

Gil-

i) *Petr. van Muſſchenbroeck* diſſ. phyſ. experim. de magnete in ſ. diſſ. phyſic. et geometri. Lugd. Batav. 1729. 4. ingleichen Doppelmayr Nachricht von den Nürnberg. Mathematicis und Künſtlern. Nürnb. 1750. fol. S. 57.

Gilbert hingegen, welcher zuerſt lehrte, unſere Erde ſey ſelbſt ein Magnet, das Waſſer aber nicht, erklärte die Abweichung und deren Veränderung dadurch, daß ſich die Nadeln jederzeit nach derjenigen Gegend kehren müßten, nach welcher das meiſte und nächſte Land liege. Dieſer Vorausſetzung gemäß müßte in den Azoriſchen Inſeln, welche von Afrika und von Amerika beynahe gleich weit entfernt liegen, gar keine, von ihnen gegen Afrika zu eine öſtliche, und gegen Amerika zu eine weſtliche Abweichung ſtatt finden. Am Cap der guten Hoffnung müßte abermals gar keine oder nur eine ſehr geringe Abweichung ſeyn, weil die Nadel von beyden Seiten des feſten Landes gleich ſtark angezogen würde u. ſ. f. In den damaligen Zeiten ſchien auch dieß mit den bekannten wenigen Beobachtungen der Oſtindienfahrer ziemlich genau übereinzuſtimmen; allein in der Folge lehrten mehrere Beobachtungen, daß dieß nicht allenthalben zutreffe, und Halley beſonders ſetzt dieſer Theorie das Beyſpiel der braſilianiſchen Küſte entgegen, an welcher ſich die Nadel ganz vom Lande abwendet, und gegen Oſten abweicht, da doch das Land der Küſte eine weſtliche Lage hat.

Was die Neigung der Magnetnadel betrift, ſo führt man gewöhnlich den Engländer Robert Norman als den erſten an k), welcher ſie bemerkt, und ſie im Jahre 1576 zu London 71° 50′ nördlich beobachtet habe. Gilbert, welcher die Neigung der Nadel von der nämlichen Urſache, wie die Abweichung derſelben, ableitete, bemerkt daher, daß ſie unter dem Aequator Null ſey, und deſto mehr wachſe,

k) *Gilbert* de magnete. lib. I. cap. I. Pet. van *Muſſchenbroeck* l. c. cap. III.

je weiter man ſich von demſelben entferne, bis ſie endlich ſelbſt unter dem Pole ſenkrecht ſeyn, und die nördliche Spitze unten haben würde.

Da man die Magnetnadel auf Reiſen zur See ſo äußerſt wichtig fand, ſo iſt natürlich zu vermuthen, daß man bald auf Mittel dachte, wodurch der geringſten Störung der Nadel abgeholfen werden könne. Daher hat man ſie auch ohne Zweifel kurze Zeit nach ihrer Erfindung in eine Büchſe eingeſchloſſen, wodurch ſie den Nahmen der Bouſſole erhielt. Vermuthlich geſchahe dieß von den Amalfitanern in Neapel. An der übrigen Einrichtung und Verbeſſerung der Bouſſole machen noch andere Nationen Anſpruch; die Engländer nämlich haben die ſchwebende Aufhängung des Seecompaſſes angegeben, von den Holländern kommen die bequemen Nahmen der Weltgegenden auf der Windroſe her, und die Franzoſen wollen der Nadel wenigſtens die Lilie, die man gewöhnlich an ihre Spitze ſetzt, gegeben haben.

Zu Gilberts Zeiten waren 4 verſchiedene Arten von Bouſſolen im Gebrauche. Sie hatten zwar alle unter der Magnetnadel die Windroſe mit der Lilie und die 32 Eintheilungen; allein die Linie, von welcher die Abweichung der Nadel gerechnet wurde, oder von welcher ſie ſich entfernen mußte, wenn man ihr eine Abweichung zuſchreiben wollte, war nicht nach einerley Punkte des Horizontes, oder, nach dem Ausdrucke der Seefahrer, nach einerley Windſtriche gerichtet. Dieſe Linie wieß nämlich in den Bouſſolen der Italiäner und der Seefahrer auf dem mittelländiſchen Meere gerade nach Norden; in den Bouſſolen der Dänen, Holländer, und der Seefahrer auf dem baltiſchen Meere drey Viertel des Windſtrichs öſtlich;

lich; bey den Ruſſen Zwey Drittel, und bey den Engländern, Spaniern und Portugieſen Ein halb l).

Um einer Nadel, welche zum Gebrauche für Seefahrer dienen ſoll, die magnetiſche Kraft zu geben, giebt Porta m) folgende Vorſchriften; wenn man die beyden Pole eines Magneten kenne, ſo ſoll man an dieſe mit einem Hammer ganz gelinde ſchlagen, und hiernächſt die Nadel damit ſtreichen. Das Anſchlagen des Hammers hält er deswegen für nöthig, weil dadurch erſt die magnetiſche Kraft gleichſam wie Strahlen aus den Polen hervorgehe, und alsdenn durchs Streichen der Nadel mitgetheilt werden könne. Uebrigens bemerkt Porta noch, daß die Nadel eine verhältnißmäßige Größe mit dem Magneten beſitzen (denn im entgegengeſetzten Falle erwarte man vergebens eine ſtarke magnetiſche Kraft der Nadel), daß die Spitze der Nadel, welche den verlangten Pol zeigen ſoll, etwas abgeſtumpft, und das Eiſen rein ſeyn müſſe. Dagegen ſagt Gilbert, es ſey nicht nöthig, daß die Nadel eine verhältnißmäßige Größe mit dem Magneten haben müſſe; vielmehr hätten ihn Verſuche gelehrt, daß der größte und ſtärkſte Magnet ſelbſt einer Nadel, welche nur einen Skrupel gewogen, hinreichende magnetiſche Kraft mitgetheilt habe; auch ſey dieß ein eitler Wahn des Porta, daß die Spitze der Nadel abgeſtumpft ſeyn müſſe; denn gerade diejenigen Nadeln, welche eine ſcharfe Spitze beſäßen, zeigten die größt möglichſte Kraft. Nach Gilberts Vorſchriften laſſen ſich die Nadeln am beſten auf folgende Art magnetiſiren. Die Nadel ſelbſt muß vom beſten Stahle

l) *Gilbert* de magnete. lib. IV. cap. VIII.

m) Magiae naturalis. libri XX. lib. VII. cap. 36.

Stahle verfertiget, und, wenn ſie eine ziemliche Länge beſitzt, nicht allzudünn, ſondern ſtark genug ſeyn; auch muß diejenige Seite, welche nach Norden weiſen ſoll, leichter ſeyn, indem die magnetiſche Kraft ſie nach dieſer Seite zum Sinken bringt; ſie muß alſo mit einem Worte ſo eingerichtet werden, daß ſie nach dem Streichen mit dem Magneten vollkommen im Gleichgewicht auf der lothrecht ſtehenden Spitze ruhet. Hiernächſt wird die Nadel in den nördlichen Gegenden mit einem guten Magneten ſo geſtrichen, daß der Nordpol deſſelben gerade gen Himmel gerichtet iſt; in den ſüdlichen Ländern findet das Gegentheil ſtatt. Beym Streichen ſelbſt aber bringt man den Pol auf die Mitte der Nadel, ſtreicht ihn gelinde und langſam bis zur Spitze derſelben, verweilet daſelbſt etwa eine Minute lang mit gelindem Reiben, und entfernet nunmehr den Magnet von der Nadel; hierbey erinnert er aber ausdrücklich, daß man nicht, wie man ſonſt wohl zu thun pflege, zum zweytenmale den Magnet auf die Mitte des Stabes bringen, und ihn eben ſo wie vorhin bis zur Spitze ſtreichen ſolle; denn hierdurch werde der Pol umgekehrt. Dieß iſt aber irrig; vermuthlich hat Gilbert etwa wieder von der Spitze bis zur Mitte zurückgeſtrichen, und alsdenn dieſe Wirkung bemerkt.

Zweyte Epoche.

Geſchichte der Phyſik von den Zeiten des Carteſius bis zu Ende der erſten Periode, oder bis auf Newton.

Die bisherige Erzählung der Meynungen und Entdeckungen in der Naturlehre geben hinreichende Beweiſe ab, wie viel dieſe Wiſſenſchaft ſchon durch die wenigen gewann, welche ſelbſt mit Verfolgung der Ariſtoteliker ſich nicht mehr unter das Joch beugten, ſondern ſelbſt zu denken anfiengen. Wie viele Fortſchritte aber würde man nicht in dieſem Zeitraume haben machen können, wenn mehrere dieſen Weg betreten hätten? Allein die Anhänglichkeit an die ariſtoteliſchen Lehren war noch zu groß, und kein einziger hatte es bisher dahin bringen können, dieſes allgemeine Lieblingsgebäude über den Haufen zu werfen. Indeſſen hatten doch die wenigen Neuerer der Phyſik durch manche wichtige Entdeckungen mehrere zum Nachdenken gebracht, und dadurch nothwendig bewirkt, daß ſie anfiengen, Mißtrauen gegen die ſcholaſtiſchen Lehren zu hegen, und nach dem ganz allgemeinen Gange der Sachen mußte dieß auch erſt erfolgen, ehe das ariſtoteliſche Syſtem ganz geſtürzt werden konnte. Es fehlte nur noch ein neues und allgemeines Syſtem der Philoſophie, welches dem ariſtoteliſchen entgegengeſetzt werden konnte. Einen ſolchen günſtigen Zeitpunkt benutzte der Franzoſe René des Cartes (Carteſius).

Dieſer war im Jahre 1596 gebohren. Sein Vater ſoll ihn ſchon in ſeiner Kindheit einen Philoſophen genannt haben, weil er von allem, was ihm vorkam, Grund haben wollte. Zuletzt wurde er von der Koniginn Chriſtina nach Schweden gerufen, und ſtarb daſelbſt im Jahre 1650. Seine neue Philoſophie machte er zuerſt durch den Druck in Holland bekannt. Anfänglich erhielt ſie zwar, wie es jeder neuen Sache zu gehen pflegt, einige Widerſprüche, ſie wurde aber bald mit ſolchem allgemeinen Benfalle aufgenommen, daß dadurch die ariſtoteliſche Philoſophie gänzlich ihr Anſehen verlohr. Seinen Ruf, den er ſo lange behauptete, hat er mehr ſeiner kühnen und lebhaften Einbildung, als ſeiner ſcharfen Beurtheilungskraft zu verdanken.

Noch ein Zeitgenoſſe und zugleich ein Nebenbuhler in der Philoſophie war der berühmte Peter Gaſſendi. Er ſtammte aus einem kleinen Orte, der unter das Franzöſiſche Bißthum Digna gehört, her und war daſelbſt im Jahre 1592 gebohren. Er hat noch 5 Jahre länger als Carteſius gelebt. Seine Philoſophie, in welcher er die Grundſätze des Epicurus vertheidigt und verbeſſert, auch ſelbſt viel eigenes hinzugethan hat, konnte zwar den allgemeinen Benfall, welchen die Philoſophie des Carteſius erhalten hatte, nicht erlangen; allein demungeachtet hatte er viele Anhänger, welche im Gegenſatz der Carteſianer, Gaſſendiſten genennt wurden.

Der Verſuch, welchen Carteſius machte, alle Erſcheinungen der Natur nach Art der Alten aus angenommenen Grundſätzen und den daraus abgeleiteten Folgen zu erklären, und der allgemeine Benfall, den er dadurch erhielt, droheten zwar, die vom Ba-

con von Verulamio ſo ſehr empfohlene und vom Galilei und andern ſo glücklich befolgte Methode, die Naturoperationen aus Erfahrungen kennen zu lernen, ſehr bald wieder zu verdrengen; allein ihr Vorzug vor allen übrigen Methoden, welchen man ſchon hinlänglich aus den Entdeckungen derjenigen, die ſie befolgt haben, erkannte, ward endlich ſo allgemein einleuchtend, daß man das Carteſianiſche oder Gaſſendiſche Syſtem nur alsdenn zu Rathe zog, wenn man bis auf die Grundurſachen zurückgehen wollte. Man darf ſich freylich nicht wundern, daß man die alte Art über die Naturerſcheinungen zu philoſophiren nicht gern aufgab, indem ſie ſo bequem alles erklärte, und beſonders den Ehrgeiz derjenigen ſchmeichelte, welche als Häupter philoſophiſcher Sekten und als Stifter ſolcher Syſteme glänzen wollten. Es hat freylich ſeine Richtigkeit, wie auch ſchon oben erinnert worden iſt, daß ein Theil der Naturwiſſenſchaften überhaupt von metaphyſiſchen Grundſätzen abhange; allein man muß hiebey nicht zu weit gehen, wie die Alten thaten, ſelbſt die Ereigniſſe und die Geſetze, welche die Naturdinge befolgen, daraus abzuleiten; denn dieſe muß uns nothwendig die Erfahrung lehren. Man erkannte dieß zuletzt ſehr wohl, indem man überzeugt wurde, daß ſelbſt das allgemein beliebte Carteſianiſche Syſtem kein ſicherer Führer in richtiger Beurtheilung der Naturbegebenheiten war. Wie es aber gemeiniglich bey Neuerungen, beſonders in der Philoſophie, zu geſchehen pflegt, daß ſie enthuſiaſtiſch eine Zeitlang mit ungemeinen Lobeserhebungen verbreitet werden, obgleich die meiſten ſie nur anſtaunen, bis man endlich wieder zu ſich ſelbſt kommt; eben ſo ergieng es auch der Carteſianiſchen Philoſophie; ſie wurde beynahe ein halbes Jahrhundert hindurch allgemein ver-

verehrt, und konnte erſt durch Newton's Syſtem geſtürzt werden. Die eigentliche Epoche der Experimentalnaturlehre fängt daher erſtlich nach den Zeiten des Carteſius an. Vorher hatte man ſich beynahe mit keinem Theile der Naturwiſſenſchaft gründlich beſchäftiget, außer mit der Mathematik. Selbſt in der Chemie trifft man vor dieſer Zeit ſehr wenig Merkwürdiges an, ſo viel Aufſehens auch von den chemiſchen Prozeſſen gemacht wurde. Größtentheils hatte man dabey den Zweck, Produkte für die Apotheke zu liefern, nicht aber dadurch die Kräfte zu erforſchen, wodurch ſie hervorgebracht wurden. Nach Carteſius Zeiten aber nahm auf einmal in vielen Ländern Europens die Experimentalunterſuchung der Naturdinge mit dem erwünſchten Eifer ihren Anfang. Um hierinn mit glücklicherm und ſchleunigerm Erfolge die gute Abſicht zu erreichen, verbanden ſich verſchiedene Gelehrte mit einander, und errichteten Geſellſchaften.

Die erſte dieſer Geſellſchaften ward in Deutſchland im Jahre 1652 errichtet. Sie erhielt den Nahmen Academia naturae curioſorum. Ihr Stifter war der Stadtphyſikus und Burgemeiſter zu Schweinfurth, Johann Laurenzius Bauſchius. Anfänglich ſchien dieſe Geſellſchaft keinen rechten Fortgang zu haben, im Jahre 1661 aber kam ſie in beſſern Flor. Ihre Acta fieng man im Jahre 1670 Jahrweiſe herauszugeben an unter dem Titel: miſcellanea curioſa medico-phyſica Academiae Curioſorum. Zur Geſchichte dieſer Geſellſchaft dient beſonders *Michaelis Bernhardi Valentini* hiſtoria litteraria S. R. I. Academiae natur. Curioſorum. Gieſſae 1708. 4.

Die

Die zweyte Geſellſchaft dieſer Art ward in Italien 1657 errichtet. Sie erhielt den Nahmen Academia del Cimento. Ihr Stifter und Beſchützer war der Großherzog von Toſcana, Leopold. Dieſe Geſellſchaft war jedoch von keiner langen Dauer, indem ſie ſchon im Jahre 1667 ihre Endſchaft erreichte. Muſſchenbroek hat ihre tentamina experimentorum del Cimento zu Leiden 1731. 4. mit Zuſätzen herausgegeben.

Die dritte Geſellſchaft iſt die königliche Geſellſchaft in England, welche noch jetzt beſteht. Bacon von Verulamio ſoll bereits hierzu den Grundriß entworfen haben [n]). Sie iſt aber erſt im Jahre 1660 von Karl II. als eine öffentliche Geſellſchaft beſtätiget worden. Von dieſer rühren die bekannten Philoſophical Transactions her.

Die vierte in dieſem Zeitraume geſtiftete naturforſchende Geſellſchaft iſt die königliche Akademie der Wiſſenſchaften zu Paris, welche durch den Miniſter Colbert auf Befehl des Königs Ludwig XIV. im Jahre 1666 eingeweiht, und im Jahre 1699 erneuert und verbeſſert iſt. Ihre Geſchichte hat der Sekretair dieſer Geſellſchaft *Joan. Baptiſta du Hamel* in der hiſtoria regiae ſcientiarum Academiae 1698. vermehrt 1701 beſchrieben.

Uebri-

n) S. *Morhof.* Polyh. T. II. lib. II. §. 2. 3. und T. I. lib I. cap. XIV. §. 44. hier ſagt er: jam dudum talis collegii ideam aliquam dederit Baco Verulamius, in elegantiſſima illa fabula novi Atlantis, ac hiſtoriae naturalis certam methodum in novo organo aliisque ſuis libris praeſcripſerat.

Uebrigens muß ich noch bemerken, daß ich dieſe Epoche nicht genau bis zur Mitte des 17ten Jahrhunderts rechne, ſondern vielmehr bis auf Newton, und daß ſelbſt in dieſer Epoche Männer werden aufgeführt werden, welche Newton's Zeitgenoſſen waren, wenn nur ihre Erfindungen nichts weiter mit den wichtigen Entdeckungen Newton's gemein haben.

Erſter Abſchnitt.

Geſchichte in Rückſicht der allgemeinen Phyſik.

Allgemeine Eigenſchaften der Körper.

Vor Carteſius hat es keinen einzigen Weltweiſen gegeben, welcher das Geiſtige oder durchaus Einfache von dem Materiellen unterſchieden hätte. Indeſſen kann man ſie nicht alle beſchuldigen, daß ſie das Geiſtige als ein aus bloßer Materie zuſammengeſetztes angeſehen hätten; diejenigen, welche eine allgemeine Weltſeele behaupteten, betrachteten das Geiſtige als eine Denkkraft in ſeine Materie eingekleidet, oder als ein aus belebten (denkenden) Atomen zuſammengeſetztes. Carteſius °) hingegen, deſſen Philoſophie ſo ſchön von dem Bewußtſeyn unſerer eigenen Denkkraft ausgehet, unterſchied zuerſt das Geiſtige oder durchaus Einfache genau von dem Materiellen. Das Weſen des letztern ſetzt er ganz allein in die Ausdeh-

nung.

°) Principia philoſophiae Pars II.

nung. Seinem Syſteme hat man den Nahmen Dualiſmus gegeben, weil es alle Weſen in die zwey ganz verſchiedenen Claſſen, der geiſtigen und körperlichen eintheilt. Er lehrt, daß wir bey Betrachtung der Dinge außer uns an allen zweifeln ſollen. Von unſerm Ich wären wir überzeugt, weil dieſes bloß in der Denkkraft beſtehe (ego ſum, ergo cogito); bey den Dingen außer uns aber müßten wir erſt fühlen, daß Ausdehnung, Bewegung, Geſtalt, und alle übrige Eigenſchaften dem Körperlichen zukomme. Die Materie nimmt er zuſammengeſetzt aus Theilen an, welche zwar in der Wirklichkeit untheilbar oder Atome, im Verſtande aber noch theilbar und ausgedehnt wären. Alles ausgedehnte ohne Materie, oder den leeren Raum, läugnet er ſchlechterdings. Er ſagt, wenn man frage, was erfolgen würde, wenn Gott alle Materie, die ein Gefäß enthält, wegnähme, und keine andere an ihre Stelle kommen ließe, ſo iſt die Antwort, die Wände des Gefäßes würden dadurch in Berührung kommen. Denn wenn zwiſchen zweyen Körpern nichts liege, ſo müßten ſie ſich berühren. Es ſey aber offenbarer Widerſpruch, zu ſagen, es ſey ein Abſtand zwiſchen ihnen, und dieſer Abſtand ſey doch nichts; denn aller Abſtand iſt eine Art von Ausdehnung, und könne alſo nicht vorhanden ſeyn, ohne ausgedehnte Subſtanz. Carteſius ſieht ſich daher genöthigt, die Dichtigkeit der Körper als ein bloßes Phänomen auszugeben, welches aus der verſchiedenen Menge der in den Poren enthaltenen feinen Materie entſpringe.

Wenn man die körperliche Subſtanz von der Ausdehnung trenne, ſo bleibe entweder gar keine Subſtanz mehr, oder doch nur ein verworrener Begriff von geiſtiger Subſtanz übrig; der wahre Begriff vom

Körperlichen bleibe immer da, wo man die Ausdehnung ſich gedenke.

Die Grundſätze ſeines Syſtems ſind dieſe: daß man alles aus der Lage, Figur und Bewegung der Materie erklären müſſe, und daß Ausdehnung einerley mit Materie ſey. Die Theile der Materie, welche Carteſius annimmt, ſind von den Atomen der Alten darinn verſchieden, daß ſie an ſich noch theilbar ſind, daß ſie ſich in keinem leeren Raume befinden, daß ihnen die Schwere nicht eigenthümlich ſey, ſondern erſt durch ihre Lage und Bewegung gegen andere Körper beſtimmt wird, und daß die Entſtehung der Welt aus ihnen ganz anders, als bey den Alten, hergeleitet werden muß.

Carteſius nimmt alſo an, alle Körper, mit welchen wir umgeben ſind, beſtehen aus einer Menge ſehr kleiner Theile, welche ſich in Anſehung der Figur und Größe von einander unterſcheiden. Dieſe kleinen Theile ſind ſo mit einander verbunden, daß zwiſchen ihnen noch Räume offen ſind, welche jedoch nicht leer, ſondern mit einer feinen Materie angefüllt ſind.

So einnehmend aber auch das Syſtem des Carteſius dem erſten Anſcheine nach iſt, ſo läßt es doch ſelbſt in der bloßen Spekulation noch viele Schwierigkeiten zurück. Außer daß die Ausdehnung nur ein Schein der Sinne iſt, bleibt es auch nach dieſem Syſtem äußerſt ſchwer zu erklären, wie die Verknüpfung zwiſchen Materie und Geiſt möglich ſey. Daher auch ſelbſt Carteſius genöthigt war, indem er das Daſeyn der Materie erweiſet, eine beſtändige Einwirkung der Gottheit vorauszuſetzen, welche in uns Vorſtellungen von der Materie erwecke, und uns

dabey nicht täuſchen werde. Was aber die Erfahrung betrifft, ſo iſt dieſe dem Syſteme des Carteſius ganz entgegen, wie aus dem folgenden weiter erhellen wird.

Das Syſtem, welches Peter Gaſſendi [p]) vertheidigt hat, war das bereits vom Epicur vorgetragene; er hat es nur in einigen Stücken verbeſſert und vermehrt. Nach dieſem Syſteme wird angenommen, daß ein jeder Körper aus einer Zuſammenhäufung kleiner Theilchen, die Atomen heißen, beſtehe. Dieſe Atomen beſitzen folgende Eigenſchaften, ſie haben eine gewiſſe Größe und Figur, ſind ſchwer, abſolut undurchdringlich, und untheilbar, ſo daß ſelbſt eine unendliche Kraft ſie nicht zu theilen vermag. Bey jeder Theilung der Körper, ſagt er, müſſe man zuletzt auf Etwas kommen, was gar nicht mehr getheilt werden könne, weil man ſonſt annehmen müßte, das ein Körper aus Nichts entſtanden ſey; die Natur könne aber aus Nichts unmöglich etwas ſchaffen. Da alſo die Natur ſich nicht in Nichts auflöſen könne, ſondern bey einem gewiſſen Letzten ſtehen bleiben müſſe, ſo folge auch daraus, daß kein Körper ins unendliche theilbar ſey. Und überhaupt ſey es ein Widerſpruch in ſich ſelbſt, anzunehmen, daß in einem endlichen Körper eine unendliche Menge von Theilen enthalten wären. Eben dieſe abſolut harten Körperchen, auf welche man bey der letzten Theilung der Körper komme, oder aus welchen dieſe zuſammengeſetzt ſind, wären die Atomen. Indeſſen gebe es keinen abſolut harten Körper; daher müſſe es auch in einem jeden Kör-

p) Syntagma philoſophiae Epicuri. in opp. T. III. Lugduni 1658. fol. p. 3. ſqq.

Körper eine zerſtreuete Leere (vacuum diſſeminatum) geben.

Die Größe der Atomen iſt ſo gering, daß ſie unſern Sinnen gänzlich entzogen ſind; und wenn man gleich ſage, daß ein Atom aus Theilen beſtehe, ſo ſey das nicht ſo zu verſtehen, als ob es wirklich in dieſe Theile getheilt werden könne, ſondern vielmehr ſo, daß es eine ihm beſtimmte Größe beſitze.

Die Figur der Atomen iſt äußerſt mannichfaltig; wie dieß aus dem Gewebe der verſchiedenen Körper erhelle. So beſäßen ſie eine kugelrunde, ovale, ebene, längliche, ſpitzige, regulaire, irregulaire u. ſ. f. Geſtalt. Ueberhaupt wären die Formen der Atomen eben ſo verſchieden, als die daraus zuſammengeſetzten Körper verſchieden wären.

Auch ſind die Atomen von Natur ſchwer, d. h. ſie befinden ſich entweder in einer beſtändigen Bewegung, oder hätten doch wenigſtens ein ſolches Beſtreben zur Bewegung.

Uebrigens unterſcheidet Gaſſendi die Atomen ſehr wohl von den ſogenannten Elementen. Jene hält er nämlich für die primitive Materie, aus welcher alle mögliche Körper entſtünden, und in welche ſich alle Körper, welche untergehen, auflöſen. Was aber die vier gemeinen Elemente, Waſſer, Feuer, Luft und Erde, betreffe, ſo könne man dieſe wohl Uranfänge oder die Materie aller Dinge, aber keinesweges die primitive Materie nennen; denn ſelbſt die Elemente wären aus Atomen zuſammengeſetzt.

Die Urſache der Bildung der Materie ſucht Gaſſendi ebenfalls in den Atomen. Er ſagt nämlich, ſie hätten von Natur ein inneres Beſtreben zur Bewe-

Bewegung, oder eine beſtändige Neigung ſich zu bewegen; daher beſäßen die erſten aus den Atomen ſich vereinigten Klümpchen (primae moleculae) eine gewiſſe Energie zur Bewegung, oder eine Kraft zur Thätigkeit; dieſe Kraft aber hange von der Stärke der einzelnen Atomen ab, die jedoch auf verſchiedene Art modificirt werde, je nachdem einige der ſich gleichſam mit einander verwickelten Atomen ein Beſtreben hätten, ſich nach dieſer, andere aber nach einer andern Richtung zu bewegen. Eben ſo finde ſich überhaupt in einem jeden ſich ſelbſt bildenden Körper ein eigenes von den Atomen herrührendes Beſtreben zur Bewegung oder eine modificirte Kraft zur Thätigkeit.

Gaſſendi bemerkt hierbey noch, daß diejenigen Körper, welche aus ſehr winklichten und gleichſam Hakenförmigen Atomen zuſammengeſetzt wären, eine weit größere Trägheit beſäßen, als diejenigen, die glättere und mehr kugelähnliche Atomen enthielten. Im Gegentheil gebe es aber auch künſtliche Körper, deren Materie ganz träg wäre, und welche ſich bloß leidend verhielte; dieſe Körper hätten ihr Daſeyn nur einer äußeren Urſache zu verdanken. Dahin gehören nun alle diejenigen Körper, welche in die äußern Sinne fallen, und mit welchen ſich die Phyſik beſchäftiget.

Endlich entſtehe die größte Dichtigkeit bis zur äußerſten Dünnheit der Körper durch die eingeſtreuete Leere.

Aus dieſer kurzen Anzeige ſieht man, daß dieſes Syſtem alle Materie aus Atomen und einer zerſtreueten Leere entſtehen läßt, und die Phyſik ganz mechaniſch aus den Figuren und den andern angeführten Eigenſchaften blos materieller Atomen ableitet, wodurch die atomiſtiſche Phyſik (phyſica corpuſcularis) entſtanden iſt, auf welche alle Experimenta-

mentatoren nach dem Carteſius ihre Erfahrungen gebaut haben, und welche noch jetzt beynahe allgemein geliebt wird.

Es hat aber dieſes Syſtem ſeine großen Schwierigkeiten, wie im folgenden mit mehreren erhellen wird. Da es beſonders auf einen Materialiſmus hinausläuft, ſo kam es, daß das Syſtem des Carteſius anfänglich mehrere Anhänger fand, indem es ſo genau das Geiſtige von dem Materiellen unterſchied. Indeſſen bleibt es auch nach dieſem Syſteme ſchwer einzuſehen, auf welche Art das Geiſtige mit dem Materiellen verbunden ſey. Aus dieſer Urſache ſind nachher andere metaphyſiſche Syſteme entſtanden, wovon erſt in der Folge geredet werden kann.

Obgleich durch dieſe beyden Syſteme des Carteſius und Gaſſendi das alte ariſtoteliſche gänzlich verdrängt wurde, ſo erhielt es doch durch den erſten Sekretair der Pariſer Akademie, Joh. Baptiſta du Hamel q) einen ſehr ſtarken Vertheidiger. Allein man findet nicht, daß er etwas damit ausgerichtet hätte.

Schwere, Gravitation, freyer Fall der Körper.

Keplers Gedanke, die Schwere der Körper als ein gegenſeitiges Beſtreben derſelben nach Vereinigung zu betrachten, und ſie ſelbſt noch weiter auf die Himmelskörper zu erſtrecken, damit dieſe durch ein gegenſeitiges Anziehen in ihrer ſo bewundernswürdigen Bahn erhalten würden, war ſchon hinreichend, mehrere Vertheidiger zu erwecken. So wenige es aber auch waren, welche außer der Schwere unſerer Erdkörper ebenfalls die Gravitation der Himmelskörper

q) Aſtronomia phyſica. Priſ. 1660.

per gegen einander im allgemeinen einſahen, ſo glückte es doch vor Newton keinen, nur irgend ein Geſetz der Gravitation zu entdecken. Man war nach dem damaligen Geſchmacke zu ſehr bemüht, die Urſachen der Bewegung der Himmelskörper und der Schwere unſerer Erdkörper auf eine mechaniſche Art zu entdecken, wozu beſonders die ſo berühmt gewordenen Wirbel des Carteſius Gelegenheit gaben. Dieß lenkte die Aufmerkſamkeit der meiſten von dem weit wichtigern Gegenſtande, den wahren Geſetzen der Gravitation nachzuſpühren, ab, obgleich ſchon Kepler durch ſeine vortreſſlichen Regeln einen ſo wichtigen Schritt dazu gethan hatte. Indeſſen waren die damaligen Umſtände ſo beſchaffen, daß ein ſolches einnehmendes Syſtem, wie es Carteſius aufgeſtellt hatte, faſt Aller Aufmerkſamkeit nach ſich ziehen mußte, wie ich bald mit mehrern anführen werde.

Nach Keplern haben ſich beſonders folgende eine richtige Vorſtellung von der Schwere und überhaupt der Gravitation der Körper gegen einander gemacht. Der berühmte Parlamentsrath zu Toulouſe Fermat (ſtarb 1665), welcher mit Carteſius einen Streit hatte, erwähnt in ſeinen Schriften nicht allein der Erklärung der Schwere durch ein gegenſeitiges Anziehen, wobey ſich ein Körper dem andern ſo zu nähern ſucht, daß der grëßeſte den kürzern Weg macht, ſondern er fand auch nach dem Zeugniſſe des P. Merſenne [r]) dieſen Satz, daß ein Theilchen zwiſchen der Oberfläche und dem Mittelpunkte der Kugel weniger ſchwer ſey, weil es die äußern Theile der Kugel rückwärts anziehen, woraus er den Schluß mach-

r) Harmonia univerſalis. Lib. II. prop. 12.

machte, daß die Schwere in dieſer Rückſicht wie der Abſtand vom Mittelpunkte abnehme.

Roberval, Carteſius Zeitgenoſſe (geb. 1602. geſt. 1677.) gab unter dem Namen Ariſtarch von Samos ein Buch heraus [s]), in welchem er allen Theilen der Materie die Schwere gegen einander als eine weſentliche Eigenſchaft beylegt, welche verurſache, daß ſie ſich zu runden Körpern bilde.

Unter allen hat aber wohl niemand vor Newton die Lehre von der allgemeinen Schwere ſo allgemein eingeſehen, als Johann Alphonſi Borelli in Florenz und D. Hooke in England. Borelli [t]) (geb. 1608. geſtorb. 1679.) führt ganz richtig an, daß die beyden Kräfte, die Gravitation und die Schwungkraft die wahren Urſachen der himmliſchen Bewegungen ſeyn. Er ſagt nämlich: ſupponentes id, quod non videtur poſſe neguri, quod ſcilicet planetae quondam habeant naturalem appetitum ſe uniendi cum mundano globo, quem circumeunt, quodque revera contendant omni conatu ipſi appropinquare, planetae videlicet ſoli, medicea vero ſidera Jovi. Certum eſt inſuper, quod motus circularis mobili impetum tribuit ſe removendi a centro ejusmodi revolutionibus etc. D. Hooke [u]) in England hatte von der Gravitation folgende Vorſtellung. Er ſagt, ich will eine Erklärung von einem Weltſyſteme geben, welches von allen andern unterſchieden iſt, aber mit den Sätzen der

s) *Ariſtarch. Samii* de mundi ſyſtemate liber ſingularis.

t) Theoricae Mediceorum planetarum ex cauſis phyſicis deductae. Florent. 1666.

u) An attempt to prove the motion of the Earth. London 1674. 4. p. 27.

der Mechanik vollkommen übereinſtimmt. Es gründet ſich auf folgende drey Vorausſetzungen: 1. daß alle Himmelskörper nicht allein gegen ihren eigenen Mittelpunkt, ſondern auch wechſelſeitig gegen einander ſelbſt, innerhalb ihrer Wirkungskreiſe, ſchwer ſind, 2. daß alle Körper, welche eine einfache und geradlinichte Bewegung haben, dieſelbe in gerader Linie fortſetzen, wofern nicht irgend eine Kraft ſie beſtändig ablenkt, und zwingt, einen Kreis, eine Ellipſe oder eine andere zuſammengeſetztere Curve zu beſchreiben, 3. daß die Anziehung deſto ſtärker wird, je näher der anziehende Körper iſt. Er fügt zugleich die Bemerkung bey, daß er über das Geſetz, nach welchem dieſe Kraft zunehme, keine weitere Unterſuchungen angeſtellt habe, es könne aber deſſen Entdeckung der Aſtronomie ſehr nützlich ſeyn. Er war aber nicht vermögend, daſſelbe anzugeben, ob er gleich durch verſprochene Belohnungen dazu aufgefordert war. Dieſe wichtige Entdeckung war vielmehr Newton vorbehalten.

Carteſius[x]), welcher der Materie keine Schwere eigenthümlich zuſchrieb, und gleichwol das Bedürfniß fühlte, die Urſache und Entſtehungsart der himmliſchen Bewegungen durch etwas anders, als durch die Umdrehung der eingebildeten Sphären der Alten, begreiflich zu machen, kam auf den Gedanken, die Sonne ſowol als auch die Planeten, welche von Monden begleitet werden, mit ſogenannten Wirbeln zu umgeben. Unter den Wirbeln verſtand er nämlich eine große Menge derjenigen feinen Materie, die ſein zweytes Element ausmacht, und welche ſich um einen

x) Principia philoſophiae. Pars III.

nen gemeinſchaftlichen Mittelpunkt bewegt, ſo daß ſich das Ganze als eine große Anzahl von Kugelſchichten oder Kugelſchaalen betrachten läßt, welche ſich um eine gemeinſchaftliche Axe, oder wenigſtens um einen gemeinſchaftlichen Mittelpunkt drehen. Nach ſeiner Hypotheſe ſind bey der Entſtehung und Bildung der Welt drey Elemente entſtanden; das erſte iſt eine ſehr feine Materie, woraus ſich die Sterne gebildet haben, das zweyte eine Menge kugelförmiger Theile, aus welchen eben die Wirbel beſtehen, und das dritte iſt eine Anzahl grober eckigter Stücke, welche zur Bildung der Erde Gelegenheit gaben. Dieſe Wirbel reiſſen nun nach der Vorſtellung des Carteſius die Planeten und Monden mit ſich fort, wie etwa die in der Luft ſchwebenden Körper vom Winde mit fortgeführt werden. Die verſchiedenen Theile des großen Wirbels um die Sonne bewegen ſich mit verſchiedenen Geſchwindigkeiten, reiſſen die Planeten nach einerley Richtung hin, und bringen ſie auf ſolche Art und zwar die nähern in kurzer Zeit, die entferntern aber in längerer Zeit um die Sonne. Ein jeder Planet ſchwimmt in derjenigen Schicht des Wirbels, welche mit ihm eine gleiche Dichte beſitzt. Die Erde, Jupiter und Saturn ſtehen in den Mittelpunkten kleinerer Wirbel, welche im größern ſchwimmen, und die Monden dieſer Körper um ſie ſelbſt nach eben den Geſetzen herumführen.

Eine ſolche Hypotheſe, welche beſonders den Umſtand, welchen man ſonſt auf keine Weiſe hatte begreiflich machen können, daß alle Planeten und Monden nach einerley Richtung umlaufen, auf eine ſo natürliche Art zu erklären ſcheint, mußte nothwendig große Aufmerkſamkeit nach ſich ziehen. Daher iſt es kei-

keinesweges zu verwundern, daß ſie mit ſo allgemeinem Beyfalle aufgenommen wurde, und eine geraume Zeit viel Vertheidiger gefunden hat. Man hätte ſich von der Unzulänglichkeit dieſer Theorie ſehr bald überzeugen können, wenn man ſie mit den bekannten Keplerischen Regeln verglichen hätte; denn nothwendig mußte ſie dieſen nicht nur nicht widerſprechen, ſondern vielmehr als nothwendige Folgen beſtätigen; allein man war ſchon zufrieden, im Allgemeinen Gründe zu beſitzen, aus welchen ſich die Bewegung der Himmelskörper ſo begreiflich ableiten ließ. Erſt Newton bewies das Ungegründete des Carteſianiſchen Syſtems.

Es iſt bereits in der erſten Epoche dieſer Periode (Cap. 2. S. 41. u. f.) angeführt worden, daß Galilei zuerſt aus richtigen Erfahrungen die Geſetze des freyen Falles der Körper entwickelte. Seine Theorie wurde von ſeinem Schüler und Nachfolger im Lehrſtuhle zu Florenz, dem Evangeliſta Torricelli [y]) (geboh. 1618. geſt. 1647.) ſehr ſchön mit geometriſchen Beweiſen vorgetragen. Demungeachtet fand ſie Widerſprüche, indem man den von den Peripatetikern vertheidigten Satz, daß ſich die Geſchwindigkeiten des freyen Falles wie die zurückgelegten Wege verhielten, nicht gerne wollte fahren laſſen. Ja es iſt zu verwundern, und faſt unbegreiflich, daß einer der größten Geometer und Phyſiker damaliger Zeit, Baliani (ſtarb 1666), welcher ſelbſt des Galilei Theorie mit ſehr ſchönen Beweiſen vorträgt,

z) De motu gravium naturaliter deſcendentium et projectorum libri duo. Florent. 1666.

trägt [z]), dennoch dieſen angeführten Satz der Scholaſtiker vertheidigen konnte. Allein, wie es gewöhnlich zu gehen pflegt, daß alte verjährte Vorurtheile, deren Ungrund völlig erwieſen iſt, bey geringem Schein der Wahrſcheinlichkeit auch von den beſten Köpfen noch nicht ganz vergeſſen werden können, ſo gieng es auch mit dieſem Lieblingsſatze der Scholaſtiker; man glaubte, es ſey doch wohl möglich, daß er in der That ſtatt finden könne, obgleich ſchon das Gegentheil erwieſen war. Indeſſen war die Aeußerung eines ſo guten Mathematikers, wie Baliani war, den Peripatetikern ſehr willkommen, und ſie legten ſogar dieſem ſehr alten Satze den Nahmen der Hypotheſe des Baliani bey.

Der vorzügliche Grund, warum dieſer Satz ſo viele Vertheidiger fand, liegt im folgenden: Galilei bewies, daß derſelbe bey der Anwendung auf den Fall der Körper mit ſich ſelbſt ſtreite, indem daraus folge, daß der Körper zu gleicher Zeit einen gewiſſen Weg und auch einen Theil davon durchlaufen müſſe (S. 43.); in dieſem Beweiſe des Galilei hatte man einen Paralogismus finden wollen. Der eifrigſte unter denen, welche des Baliani Hypotheſe vertheidigten, war der P. *Petrus Cazraeus*, welcher ſeine Gründe und übel angeſtellten Verſuche dem Peter Gaſſendi in dreyen verſchiedenen Briefen mitgetheilt hatte. Allein Gaſſendi hat ſie in eben ſo vielen Briefen an den *Cazraeus* widerlegt, und die Fehlſchlüſſe nebſt den fehlerhaften Verſuchen deſſelben auf eine überzeugende Art dargethan [a]).

Dage-

z) De motu naturali gravium fluidorum et ſolidorum. Genuae 1646. 4.

a) In operibus. T. III. p. 564. ſqq.

Dagegen haben verſchiedene Andere ſich Mühe gegeben, die Geſetze des Galilei lieber durch mehrere Verſuche zu beſtätigen. So verfertigte ſich Johann Baptiſta Riccioli [b]) (geb. 1598. geſt. 1671.) mit ſeinem Gehülfen Grimaldi Kugeln von Kreide, welche 8 Unzen wogen, und ließen ſie von Thürmen zu Bononien in beſtimmten Höhen herabfallen. Zum Zeitmaaße bediente er ſich eines Pendels, deſſen Schwingungen nur $\frac{1}{6}$ Sekunde dauerten. Durch wiederholte Verſuche erhielt er folgende Reſultate.

Schwung des Pendels.	Höhe des Falles.	Raum in gleichen Theilen der Zeit.	Vermehrung d. Geſchwindigkeit.
5	10 Römiſche Fuß	10 Fuß	1
10	40 — —	30 —	3
15	90 — —	50 —	5
20	160 — —	70 —	7
25	250 — —	90 —	9

Um deſto gewiſſer zu ſeyn, ſtellte er den Verſuch noch auf eine andere Art an; er nahm nämlich den Raum an, und beobachtete die Zeit, in welcher die Kugel durch denſelben fiel. Dieß gab ihm folgende Reſultate:

Schwung des Pendels.	Höhe des Falles.	Raum in gleichen Theilen der Zeit.	Vermehrung d. Geſchwindigkeit.
6	15 Römiſche Fuß	15 Fuß	1
12	60 — —	45 —	3
18	135 — —	75 —	5
24	240 — —	105 —	7

Dieſe Verſuche ſtimmen mit den wahren Geſetzen des freyen Falles ſo ſehr überein, daß man argwöh-

b) Almageſtum novum. pars prior. Bononiae 1651. fol. p. 90. pars poſterior. p. 387.

wöhnen muß, Riccioli habe kleine Abweichungen, welche vom Widerſtande der Luft herrühren, weggelaſſen.

Dechales c) (geb. 1621. geſt. 1678.) nahm kleine Kieſelſteine, und ließ ſie von beſtimmten Höhen herabfallen. Zum Zeitmaaße gebrauchte er ein Pendel, das halbe Sekunden ſchlug. Durch mehr als tauſendmal wiederholte Verſuche fand er folgende Reſultate:

Zeit in Sekunden	Größe des Falles	Raum in gleichen Theilen
$\frac{1}{2}$	$4\frac{1}{4}$ Fuß	$4\frac{1}{4}$ Fuß
1	$16\frac{1}{2}$ —	$12\frac{1}{4}$ —
$1\frac{1}{2}$	36 —	$19\frac{1}{4}$ —
2	60 —	24 —
$2\frac{1}{2}$	90 —	30 —
3	123 —	33 —

Vermöge der Geſetze des Galilei müßte aber der Fall in einer Sekunde 17, in $1\frac{1}{2}$ Sekunde $38\frac{1}{4}$, in 2 Sekunden 68, in $2\frac{1}{2}$ Sekunde $106\frac{1}{4}$, und in 3 Sekunden 153 Fuß erfolgen; es weichen alſo die Verſuche des Dechales beſonders in den letzten Theilen der Zeit von der Theorie beträchtlich ab. Er bemerkte aber ſehr richtig, daß dieſe Abweichung dem Widerſtande der Luft zuzuſchreiben ſey.

Auch Riccioli ſtellte im Jahre 1645 den 4ten Auguſt zu Bononien einige Verſuche an, die ihn überzeugten, daß der Widerſtand der Luft einen merklichen Einfluß auf den freyen Fall der Körper habe. Er hatte ſich zweyerley Arten von Kugeln, welche eine gleiche Größe beſaßen, verfertigt, 12 waren von Thon, und 12 von zuſammengepreßtem Pappiere mit Thon überzogen; die von Thon waren noch einmal ſo ſchwer,

c) Mund. mathemat. T. II. ſtatic. lib. 2. prop. I.

ſchwer, als die von Pappier, jene wogen nämlich 20 Unzen und dieſe nur 10 Unzen. Von jeder Art ließ er zugleich zwey von einer Höhe von 280 Fuß herabfallen. Die ſchwerere Kugel hatte jederzeit den Boden zuerſt erreicht. Nachher verfertigte er noch andere Kugeln aus andern Materien, und fand gleichfalls, daß die ſchwerere eher zu Boden kam, als die leichtere.

Nach der Zeit haben noch mehrere dergleichen Verſuche angeſtellt, welche aber hier weiter anzuführen unnöthig seyn würde, indem ſie alle beweiſen, daß in dem widerſtehenden Mittel, der Luft, die Reſultate nie mit der Theorie genau zuſammenſtimmen. Aus dieſem Grunde hat man ſie durch mancherley andere Verſuche zu beſtätigen geſucht, wohin unter andern auch der Verſuch mit der Pflaumenfeder und einem Goldſtücke im luftleeren Raume gehört, wovon unter dem Artikel, Gleichgewicht und Bewegung der Luft, einiges angeführt werden ſoll. Die ſchönſte und ſtärkſte Ueberzeugung derſelben aber gewähren die Pendel, wovon der Artikel, Pendelbewegung, nachzuſehen iſt.

Da man überzeugt war, daß der freye Fall der Körper von der Schwere derſelben herrühre, ſo war man auch begierig zu wiſſen, woher die Schwere ihren Grund habe. Schon Kepler hatte eine mechaniſche Erklärung derſelben verſucht, wie bereits oben angezeigt iſt. Dadurch wurden auch andere zu ähnlichen Erklärungen gereizt. Peter Gaſſendi nahm Ausflüſſe einer eigenen Materie an, welche aus der Erde wie Strahlen ausgiengen, und die Körper nach derſelben zurückzogen; quatenus, ſagt er, ut magnes emittit ex ſe corpuſcula quaedam, ſeu ra-

 dios,

dios, quibus corpora magnetica ad ſe alliciat; ita videtur terra emittere, quibus ad ſe alliciat, pertrahatque corpora terrena [d]).

Carteſius [e]) macht die Erklärung der Schwere zu einem Theile ſeiner mechaniſchen Phyſik. Er ſagt, die Kügelchen des erſten und zweyten Elements beſitzen ein Beſtreben in geraden Linien fortzugehen, die grobe Maſſe der Erde aber ſey ihnen ein Hinderniß dagegen, wodurch ſie gezwungen würden, ſich dahin zu bewegen, wo ihnen die Zwiſchenräume der groben Theile Wege offen ließen; dabey behielten ſie aber doch wenigſtens das Beſtreben, ſich dieſe Wege ſo geradlinicht und kurz als möglich zu machen. Dieß habe ſtatt, wenn die ganze Maſſe, die ſie daran hindere, kugelförmig ſey. Wenn nun ein Theil dieſer kugelförmigen Maſſe über der Oberfläche hervorrage, ſo ſtießen die Kügelchen gegen ſelbigen mit größerer Gewalt, als gegen die übrige Oberfläche, und treibe ihn nieder; wenn hingegen ein Theil der Kugelfläche vertieft liegt, ſo ſtoßen die inwendig durchgehenden Kügelchen gegen ihn, und treiben ihn nach der Fläche zu. Dieß ſey der Grund von der Kugelgeſtalt der Erde und der Schwere gegen den Mittelpunkt, ſo wie auch die runde Geſtalt der Tropfen davon herrühre. Sollte in der Luft ein Körper ſchwimmen, welcher mehr grobe Maſſe beſäße, als ein gleiches Volumen Luft, ſo finde die feine Materie zum Durchgange weniger Wege in ihm, als ſie finden würde, wenn an ſeiner Stelle Luft wäre; daher ſuche ſie ſich augenblicklich einen freyen Durchgang zu verſchaffen, daß ſie den gröbern Kör-

d) De motu impreſſo. epiſtola prima. in opp. T. III. p. 491.

e) Principia philoſophiae. Pars IV. propoſ. XX. ſqq.

Körper niedertreibt, und an deſſen Stelle Luft bringt. Es richte ſich daher das Gewicht nicht nach der Maſſe des Körpers, ſondern vielmehr nach dem Unterſchiede zwiſchen der Menge der Kügelchen des erſten und zweyten Elements und der gröbern Materie, welche ſich in dem Raume des ſchweren Körpers und in einem gleichen Volumen des ihn umgebenden Mittels aufhalten können. So beſitze vielleicht das Gold nur 4 bis 5 mal mehr Maſſe, als das Waſſer von eben dem Umfange, ob es gleich 19 mal ſchwerer als dieſes ſey, indem die Waſſertheile in einer beſtändigen Bewegung wären, mithin mehr feine Materie durchließen, und in Vergleichung mit den feſten Körpern eine größere Leichtigkeit hätten.

Auf dieſe Art trägt Carteſius die Urſache der Schwere der Körper ſelbſt vor. Deutlicher ließe ſich dieſe ſeine Hypotheſe in Verbindung mit ſeinem ganzen Syſteme ſo ausdrücken: um die Erde bewege ſich beſtändig eine ſehr feine flüſſige Materie mit einer ungemein großen Schnelligkeit im Wirbel herum, und reiße dadurch die übrigen Körper, weil ſie ſich nicht eben ſo geſchwind mit bewegen könnten, nach dem Mittelpunkte der Erde zu. — Allein dieſer Hypotheſe ſtehen außer andern Gründen beſonders folgende beyde entgegen: 1. beſäße die feine Materie eine wirklich ſo ſchnelle Bewegung um die Erde, daß ſie die Körper mit Gewalt niedertreiben könnte, ſo würde ſie Körper nicht nach dem Mittelpunkt der Erde zu treiben, ſondern ſie vielmehr mit Heftigkeit fortreißen, und ihnen eben die Richtung in ihrer Bewegung geben, mithin ſelbige mit um die Erde herum führen, 2. ein Wirbel, welcher ſich mit dem Aequator parallel bewegt, kann die Körper nicht nach dem Mittelpunkte der Er-

de, ſondern vielmehr gegen die Axe derſelben zu treiben, und die Richtungen der Schwere würden nicht auf der Erdfläche, ſondern jederzeit auf der Axe der Erde ſenkrecht ſtehen. —

Indeſſen fanden ſich eine Menge Vertheidiger des Carteſianiſchen Syſtems, welche mit einigen Abänderungen die Hypotheſe, die Schwere der Körper aus dem Stoße oder Drucke einer ſchwermachenden Materie zu erklären, auf alle mögliche Art mit Gründen zu unterſtützen ſuchten. Allein es würde der Mühe nicht werth ſeyn, ſie alle anzuführen. Ich nenne nur noch einen, welcher in dieſe Epoche gehört, nämlich den berühmten Huygens. Dieſer Huygens (Chriſtian) iſt im Haag im Jahre 1624 gebohren und daſelbſt im Jahre 1695 geſtorben. Ihm hat die Phyſik ſehr viel zu verdanken, wie der Verfolg der Geſchichte beweiſen wird. Er ſuchte die Fehler der carteſianiſchen Wirbel auf folgende Art zu verbeſſern [f]). Er nahm an, die feine ſchwermachende Materie bewege ſich nicht mit dem Aequator parallel, ſondern vielmehr in dem ſphäriſchen Raume, in welchem ſie enthalten ſey, nach allen möglichen Richtungen. Dadurch würden ſich dieſe Bewegungen ſelbſt hindern, und ſo lange verändern, bis die ätheriſche feine Materie ſolche Richtungen erhalten hätte, die beſtändig nach größten Kreiſen hingiengen, welche ſich einander allerwärts ſchnitten. Durch dergleichen Bewegungen der feinen Materie würde nun wol bewirkt werden, daß die Körper nicht mit um die Erde fortgeriſſen werden könnten, weil der Trieb nach einer jeden Richtung, nach welcher ſie gleichſam hingeſtoßen wür-

f) Diſſ. de cauſa gravitatis in opp. reliq. T. I. p. 93. ſqq.

würden, durch einen andern gleich großen, der ihm gerade entgegengeſezt iſt, vernichtet wird; auch würden die Körper nach dem Durchſchnitte aller Axen der Kugelflächen d. i. nach dem Mittelpunkte der Erde getrieben. Allein eine ſolche Bewegung der ſchwermachenden Materie iſt an ſich unmöglich; daher auch ſelbſt die eifrigſten Anhänger des Carteſius mit dieſer Verbeſſerung ſeiner Theorie nicht zufrieden geweſen ſind.

Doch erklärt Huygens aus der Annahme einer ſchwermachenden Materie ſehr glücklich, wie eine Kreisbewegung die Körper, die ihr nicht ſchnell genug folgen, nach dem Mittelpunkte treibe. Durch dieſe Bewegung erhält nämlich der flüſſige Körper eine Schwungkraft, welche dem Quadrate ihrer Geſchwindigkeit proportional iſt (ſ. Pendelbewegung); wenn ſie nun an einen Körper ſtößt, der ſich langſamer und mit geringerer Schwungkraft bewegt, ſo muß dieſer jenem Stoße ausweichen, und die Theile der ſchneller bewegten Materie nehmen nach einander ſeine Stellen ein, bis ſie ihn ganz in den Mittelpunkt gedrängt haben. Dieſes wird von Huygens durch folgenden Verſuch beſtätigt. Ein cylindriſches Glas von 8 bis 10 Zoll Durchmeſſer und 4 bis 5 Zoll Höhe füllte er mit Waſſer, that kleine Stückchen Siegellack hinein, verſchloß es mit einem Deckel, und ſezte es auf eine runde Scheibe, die er ſehr ſchnell durch eine Maſchine in Umlauf bringen konnte. Nachdem nun die Umdrehung eine Zeitlang gedauert hatte, und alle im Glaſe enthaltene Materie völlig die umdrehende Bewegung erhalten hatte, ſo ſiſtirte er augenblicklich die Bewegung. Das Waſſer, welches ſich noch eine Zeitlang fortbewegte, trieb das Siegellack,

gellack, welches ſeine Bewegung verlohren hatte, von allen Seiten her gegen den Mittelpunkt des Bodens zu. Uebrigens ſchließt Huygens, da die Schwere 289 mal größer ſey, als die Schwungkraft, die aus der täglichen Umdrehung der Erde um ihre Axe im Aequator entſteht, daß ſich die Geſchwindigkeit des Umlaufs der ſchwermachenden Materie zur Geſchwindigkeit der täglichen Umdrehung der Erde, wie die Quadratwurzel aus 289 d. i. wie 17 zu 1 verhalten müſſe.

Daß aber überhaupt die Annahme einer ſchwermachenden Materie, um das Phänomen der Schwere der Erdkörper durch Stoß oder Druck zu erklären, ſehr vielen Schwierigkeiten unterworfen ſey, wird in der Folge gezeigt werden.

Zuſammenhang oder Cohäſion.

Es iſt bereits in der erſten Epoche angeführt worden, daß Bacon von Verulamio den Zuſammenhang der körperlichen Theile unter einander von der verſchiedenen Modification der Geiſter, die er als Beſtandtheile aller Körper annahm, ableitete, Galilei hingegen die Kraft der Leere annahm, um dieſes wichtige Phänomen zu erklären. Solche Erklärungen, welche ſich auf keine einzige Erfahrung ſtützen, konnten freylich weiter keinen Beyfall finden.

Carteſius [g]), welcher ſich an kein Syſtem feſſelte, ſondern ſeinen eigenen Weg mit Kühnheit gieng, nahm überhaupt nur zwey Zuſtände der Körper an, nämlich die Härte oder Feſtigkeit und die Flüſſigkeit. Sein Grund war, weil alle Veränderungen, die man an den Körpern wahrnehme, von der Ruhe und Bewegung der körperlichen Theile abhan-

g) Princip. philoſoph. prop. 54.

hangen. Flüſſige Körper ſind nämlich nach ihm diejenigen, deren Theile in einer beſtändigen Bewegung ſich befinden, feſte Körper aber diejenigen, deren Theile in Ruhe ſind. Daher, ſagt er, kommt es, daß die Theile der flüſſigen Körper ſo leicht aus der Stelle vertrieben werden können, und einer äußern auf ſie wirkenden Kraft nicht widerſtehen, da im Gegentheil die Theile der feſten Körper einer auf ſie wirkenden Kraft Widerſtand leiſten, ehe ſie ſich von einander trennen laſſen. Sonſt meint er, die Theilchen, aus welchen das Waſſer zuſammengeſetzt ſey, beſäßen eine länglichte, glatte Geſtalt, wie etwa die ſehr kleinen Aale, die Theilchen der übrigen Körper aber eine irregulaire und ungleiche Form [h]). — Auch dieſe Erklärung über den Zuſammenhang der Theile der Körper wird jetzt niemanden mehr zum Beyfall reizen, obgleich in der Folge noch verſchiedene Phyſiker die flüſſigen Körper ſich als ſolche vorgeſtellt haben, deren Theile in einer beſtändigen Bewegung ſind. Denn es iſt hiernach gar nicht einzuſehen, wie in der bloßen Ruhe der Theile eines Körpers eine oft ſo beträchtliche Kraft liegen könne. Ueberdem können ſich die Theile der Körper in einer ſehr heftigen Bewegung befinden, ohne flüſſig zu ſeyn, wie z. B. ſchwingende Saiten, tönende Glocken u. ſ. f. Die Theile der flüſſigen Körper hangen aber gewiß ſtärker an einander, als Carteſius glaubte, und die meiſten Naturforſcher nach ihm geglaubt haben, wie am gehörigen Orte weiter erhellen wird. —

Auch redet Carteſius von ſolchen Körpern [i]), welche, ohne zu zerbrechen, beträchtlich geſpannt werden

h) Meteora. Cap. I. §. III.

i) Princip. philoſoph. Pars IV. prop. CXXII.

den können, und nach nachgelaſſener Spannung in ihren vorigen Zuſtand wieder zurückſpringen. Solche Körper nennt er rigide (rigida) (der Ausdruck Elaſticität kommt bey ihm gar nicht vor). Von dieſen Körpern handelt er bey Gelegenheit des Glaſes. Er ſagt, die Eigenſchaft nach nachgelaſſener Spannung wieder zurückzuſpringen, finde bey allen feſten Körpern ſtatt, deren Theile in unmittelbarer Berührung ſich befänden. Denn ſolche Körper beſäßen eine große Menge von Durchgängen, welche ſich die feine Materie, die in den Zwiſchenräumen der Körper befindlich war, ſelbſt gebildet hätten, um ſich auf dieſe Art frey hindurch zu bewegen. Durch das Beugen der feſten Körper aber werde die Geſtalt der Durchgänge der Körper geändert, und es ſtoße daher die feine Materie gegen die Seitenwände der Gänge, und beſtrebe ſich die vorige Geſtalt wieder herzuſtellen. Wenn z. B. im ſchlaffen Bogen die Gänge rund ſind, ſo werden ſie im geſpannten elliptiſch, die Theilchen der feinen Materie ſtoßen daher an der kleinen Axe der Ellipſe gegen die Seiten, und ſuchen die Kreisgeſtalt wieder herzuſtellen. Bleiben nun die Theile der Körper eine Zeitlang geſpannt, ſo würden die Theilchen der feinen Materie die Gänge ſo ausſchleifen, daß ſie ungehindert durchgehen könnte, und nicht mehr an die Seitenwände anſtieße, wodurch die Kraft zurückzuſchnellen verlohren gehe.

Was die Zerbrechlichkeit des Glaſes betrifft, ſo leitet Carteſius dieſe davon ab, weil die Oberflächen der Glastheilchen, die ſich berührten, ſehr klein und gering wären. Die Zerbrechlichkeit anderer ſehr viel weicherer Körper als das Glas hange auch von der Figur der körperlichen Theilchen ab, welche gleich-

ſam

ſam wie kleine Zweige ſo in einander verbunden wären, daß ſie nicht getrennt werden könnten, ohne viele ſolche Zweige zugleich zu zerreißen. Uebrigens werde aber ein Körper deſto zerbrechlicher, je ſchneller er abgekühlet werde. Denn durchs Glühen eines Körpers würden ſeine Hölungen und Durchgänge erweitert, weil alsdenn viel mehr feine Materie des erſten Elementes zugleich mit den Kügelchen des zweyten und vielleicht auch mit einigen feinen Theilen des dritten Elementes frey durch ſelbige ſich bewegen könnten. Wenn nun ein ſolcher Körper langſam erkalte, ſo ziehen ſich die Hölungen und Durchgänge enger zuſammen, indem die Kügelchen des zweyten Elementes zu ihrem Durchgange einen ſehr geringen Raum verlangten; geſchähe hingegen die Abkühlung ſehr ſchnell, ſo werde das Glas weit eher hart, als ſich ſeine Durchgänge ſo enge, wie beym langſamen Erkalten, zuſammenziehen könnten; daher behielten die Kügelchen beſtändig ein Beſtreben, die Glastheile von einander zu trennen; und da dieſe Theilchen blos durch Berührung unter einander verbunden wären, ſo könne ſich nicht ein Theil allein von dem andern trennen, ohne die ihm nahe liegenden Theile zugleich mit zu zerreißen. — Ohne Zweifel wird wohl niemand mehr mit dieſer hypothetiſchen Erklärung der Zerbrechlichkeit der Körper zufrieden ſeyn. —

Daß aber beſonders das Glas, wenn es ſehr ſchnell abgekühlt wird, eine außerordentlich große Zerbrechlichkeit erhalte, beweiſen die einige Zeit nach Carteſius bekannt gewordenen ſogenannten Bataviſchen Glastropfen und Glaswürmer. Dieſe wurden zuerſt nach den Berichten des Chriſtoph.

ſtoph. Marrettus k) und de Monconnys l), ſo wie Ruprecht Moray Nachricht davon ertheilt hatte, in England im Jahre 1661. genauer unterſucht. Der Prinz Ruprecht war nämlich der Erſte, welcher die bataviſchen Glastropfen aus Deutſchland nach England brachte. Er zeigte ſie dem Könige, der ſie dem Greshamer Collegium zur nähern Unterſuchung überſendete. Zu dieſem Zwecke ernannte dieſes Collegium eine Commiſſion, deren Reſultate dieſe waren:

Die Glastropfen beſitzen die Form einer Birne mit einem langen dünnen Stiele, der in eine dünne Spitze ausläuft. Sie werden aus reinem grünen Glaſe auf folgende Art verfertigt. Wenn die Glaßmaſſe fließt, faßt man ſie mit einem eiſernen Stabe, und läßt ſie augenblicklich in ſehr kaltes Waſſer fallen, in welchem ſie ſo lange gelaſſen wird, bis ſie mit dem Waſſer einen gleichen Grad der Wärme erlangt hat. Iſt die Maſſe zu heiß, ſo zerplatzt ſie mit Geräuſch, indem ſie das Waſſer berührt. Selbſt der geſchickteſte Arbeiter kennt den Grad der Hitze nicht, welchen ſie erfordert, daher auch ſehr viele Glastropfen zerbrechen. Einige von den Glastropfen zerſpalten blos, andere zerbrechen mit oder ohne Knall, indem ſie noch heiß ſind, andere aber, wenn ſie ſchon ganz abgekühlt ſind, einige, wenn ſie aus dem Waſſer genommen werden, andere eine Stunde, noch andere Tage und Wochen darauf, und zwar von freyen Stücken, ohne ſie anzurühren. Nimmt man das Glas aus dem Waſſer, ehe es kalt geworden, ſo zerfällt

k) In not. et obſervat. ad *Anton. Neri* de arte vitriaria libros. Amſt. 1668. p. 421. ſqq.

l) Voyage. T. II. p. 32.

fällt der Stiel in kleine Theilchen, und der Körper bleibt ganz. Uebrigens nimmt das Glas in der freyen Luft dieſelbe Härte, wie jedes andere, an.

Wenn der Glastropfen ins Waſſer fällt, ſo erregt er ein Ziſchen, und der Körper kocht und leuchtet ſtark einige Minuten lang, wobey er das Waſſer in Bewegung ſetzt. Es ſteigen Blaſen auf, welche verſchwinden, noch ehe ſie die Oberfläche des Waſſers erreichen, wenn der Tropfen 12 Zoll tief iſt. Die äußere Fläche der Glastropfen iſt eben und glatt, wie bey jedem andern Glaſe, ihr inneres Gewebe aber ſchwammigt, ungleich, mit Hölungen und Erhabenheiten angefüllt. Die meiſten beſitzen am breiteſten Theile des Bauches eine Erhabenheit, welche ſich oft bis zur Seite erſtreckt.

Gebraucht man zur Abkühlung der Tropfen ſtatt des Waſſers Baumöl, ſo hat man nicht ſoviel des Zerbrechens wegen zu beſorgen. Es entſtehen aber darinn mehr Blaſen, und das Kochen dauert längere Zeit als im Waſſer; dagegen erhält der Tropfen wenigere Hölungen und Hervorragungen. Ein Theil des Stiels und ſelbſt das dünnſte Stück deſſelben zerbricht eben ſo wie das gewöhnliche Glas. Bricht man aber den Stiel nahe beym Tropfen ab, indem man ihn in der holen Hand hält, ſo zerſpringt derſelbe mit weniger Geräuſch, als die im Waſſer abgekühlten Tropfen, und in nicht ſo kleine Stücke, welche ſo lange an einander kleben, bis man ſie von einander abſondert. Die Bruchlinien erſcheinen länglicht, durchkreuzen die Hölungen und erſtrecken ſich nach dem Mittelpunkte des Körpers.

Wird zum Abkühlen der Glastropfen Weingeiſt angewendet, ſo findet gerade das Gegentheil ſtatt.

Sobald das geſchmolzene Glas in ſelbigen fällt, entſtehet ein weit größeres Geräuſch, als im Waſſer, es zerplatzt unausbleiblich, noch ehe es ſich abkühlet, und erzeugt nicht ſo viele und kleinere Blaſen. Eben ſo verhält es ſich auch mit einer wäſſerigen Auflöſung des Salpeters oder des Salmiaks.

In der Milch verurſacht das geſchmolzene Glas weder Geräuſch noch Blaſen, und es zerplatzt, indem es noch heiß iſt.

Der erſte Glastropfen, welchen man in Terpentinöl fallen ließ, zerbrach darinn, wie im Weingeiſte, der zweyte zündete daſſelbe an.

Durch einen leichten Hammerſchlag oder durch einen andern Schlag mit einem harten feſten Körper iſt man nicht im Stande die Glastropfen zu zerbrechen, wenn man nicht auf den Stiel derſelben ſchlägt. Allein wenn man den Stiſel abbricht, ſo zerſpringt der ganze Tropfen in Glasſtaub. Einige zerfallen ebenfalls, wenn man den Bauch oder den dicken Theil derſelben mit einem trockenen Ziegelſteine reibet; andere hingegen widerſtehen ſo lange, bis man ſie um die Hälfte abgeſchliffen hat. Ein auf ſolche Art verkleinerter Tropfen zerplatzte erſt einige Zeit darauf; ein anderer ließ ſich durch das Reiben mit einem naßgemachten Steine bis an den Stiel zerſtören, ſo wie ein Dritter, indem man ihn mit Smirgel ſchliff.

In der Hand zerbrechen die Glastropfen unter dem Waſſer mit größerm Geräuſch, als in freyer atmoſphäriſcher Luft. Im luftleeren Raume zerſpringen ſie eben ſo, wie im luftvollen.

Bringt man die Glastropfen in Feuer, ſo verhalten ſie ſich eben ſo wie anderes Glas, ſie werden etwas biegſamer und zerſpringen nicht ſo leicht.

Hat

Hat man den Stiel des Tropfens mit etwas Kitt überzogen, ſo verurſacht er, wenn man den Stiel abbricht, weniger Geräuſch, als ſonſt.

Will man die Glastropfen nach Art der Perlen durchbohren, ſo zerfallen ſie eben ſo, als wenn der Stiel abgebrochen wird.

Alle dieſe erwähnten Eigenſchaften, ſowol in Verfertigung der Glastropfen als auch in den übrigen Erſcheinungen derſelben, haben nachher die beyden Italiäner Geminignus, Montanari[m]) (geb. 1632 geſt. 1687.) und Franciſ. Redi[n]) (geb. 1626 geſt. 1698.) an denſelben beſtätigt gefunden, und noch einige andere Verſuche damit angeſtellt. Wurden die Glastropfen oder Glaswürmer in einem Kühlofen eine Viertelſtunde gebracht, ſo hatten ſie die Kraft ſich beym Abbrechen des Stiels in Glasſtaub zu zerfallen gänzlich verlohren. Der nämliche Erfolg hatte ſtatt, wenn ſie eine kurze Zeit über das Kohlfeuer oder über eine Lichtflamme gehalten wurden; da ſie hingegen 8 oder mehrere Stunden in Waſſer gekocht dieſe Kraft behielten.

Der merkwürdige Umſtand, daß die Glastropfen oder Glaswürmer ſogleich in Staub zerfallen, wenn der Stiel abgebrochen wird, da doch ſonſt ihre Theile ſo ſtark an einander verbunden ſind, daß ſie beträchtlich ſtarke Hammerſchläge aushalten können, war damals ein Gegenſtand der Verwunderung. Viele konn-

m) Speculationi fiſiche ſopra gli effetti digue Vetri temperati. Bonon. 1771.

n) Miſcellanea curioſa medico-phyſica. an. 2. Jenae 1671. 4. p. 428. ſqq.

konnten die Urſache von dieſer Erſcheinung nicht einſehen. Einige ſetzten ſie ſogar noch in den Abſcheu der Natur für den leeren Raum, obgleich dieß ſchon durch mancherley Verſuche widerlegt war. Iſaak Voſſius meint, ſobald die Tropfen in kaltes Waſſer gebracht würden, ſo ziehe ſich nur der äußere Theil zuſammen und bilde eine harte Cruſte, da indeſſen im Innern die Hitze noch fortwirke, und die Theile daſelbſt ausdehne; höre aber auch dieſe auf, ſo könnten ſich die äußern Theile wegen der Härte mit den innern nicht vereinigen, und mit ihnen in engere Grenzen zuſammenrücken; daher müſſe nothwendig ein leerer Raum in den Tropfen entſtehen, oder es bleibe doch wenigſtens eine ſehr verdünnte oder weniger condenſirte Luft, als die äußere, in dem Innern derſelben zurück. Wenn nun der Stiel an ſelbigen abgebrochen werde, ſo zerſpringe zugleich die äußere Cruſte oder ſo zu ſagen die Mauer, welche jene Luft eingeſchloſſen erhalten hatte; es dringe alſo die mehr condenſirte äußere Luft mit Gewalt in die Poren ein, ſo daß dadurch die Theile der Tropfen von einander getrieben würden. Andere glaubten vielmehr, dieſe Wirkung rühre daher, weil durch das ſchnelle Abkühlen der Tropfen die Luft im Innern außerordentlich zuſammengedrängt würde; dieſe werde nun beym Anfange der Ruptur die Theile der Tropfen mit Gewalt von einander trennen. Allein dieſe Meynung widerlegte Voſſius ſchon dadurch, daß die Wirkung alsdenn nothwendig weit größer ſeyn müſſe, wenn die Tropfen erwärmt würden, indem dadurch die eingeſchloſſene condenſirte Luft eine größere ausdehnende Kraft erlange. — Gleichwol konnte auch die angebliche Urſache des Iſaak Voſſius nicht ſtatt haben, weil die Glastropfen ſo gut im luftleeren Raume,

me, als im luftvollen, in Staub zerſpringen. — Richtiger ſcheinen der berichtigte Philoſoph Hobbes und Montanari die wahre Urſache dieſer außerordentlichen Erſcheinung eingeſehen zu haben. Wenn nämlich der Glastropfen ins Waſſer gebracht werde, ſo verwende ſich die Hitze zur Bildung des Waſſerdampfes, und die Glasmaſſe lege ſich in lauter Fäden nach der Länge der Tropfen bis zur äußerſten Spitze des Stiels, wo dieſe ſich zuſammen vereinigten. Dieſe Fäden wären nun in einem ſehr ſtark geſpannten Zuſtande; würde alſo der Stiel eines ſolchen Tropfens gebogen, ſo würden die Fäden dadurch noch mehr geſpannt, und beym wirklichen Abbrechen deſſelben müßten ſie zugleich mit Gewalt in die kleinſten Theilchen zerſpringen, etwa eben ſo, wie eine zu ſtark geſpannte Saite zu zerſpringen pflege. — Beyde letztere ſahen alſo wol ein, daß die Urſache des Zerſpringens der Glastropfen blos in der außerordentlichen Spannung der Theile zu ſuchen ſey, welche eben durchs ſchnelle Abkühlen im kalten Waſſer bewirkt wird. —

D. Hooke o) hat von den Glastropfen noch umſtändlicher gehandelt. Er meint, die große Hitze treibe während der Bildung der Glastropfen die Luft aus dem dickern Theile derſelben, und der geringe Theil, welcher etwa noch zurückbleibe, widerſtehe dem Drucke der Atmoſphäre unendlich wenig. Dieſer Druck der Atmoſphäre verurſache alſo, daß ſich die Glastheile enger zuſammenziehen, und ſich weit inniger, als es ſonſt geſchehen würde, vereinigen müßten. Daher bildeten die Glastheile gleichſam eine Wölbung, welche einen größern Widerſtand zu leiſten vermöge.

o) Micrographia. obſ. VII.

möge. Wenn dieſe Wölbung ſehr ungleich oder nicht regelmäßig genug wäre, ſo werde es darin ſchwache Stellen geben, die den Druck der Atmosphäre nicht aushalten könnten. Daher müſſe der Glastropfen oder der dickere Theil deſſelben zerſpringen, noch ehe er gänzlich abgekühlet ſey. Was den Schall beym Zerbrechen des Tropfens betreffe, ſo ſey dieß eine Folge der einſtrömenden Luft.

Pet. Gaſſendi [p]) glaubt, die verſchiedenen Zuſtände der Körper hätten ihren Grund in der verſchiedenen gegenſeitigen Lage der Atomen und der zwiſchen ihnen liegenden leeren Räume, wodurch der Zuſammenhang der Theile auf eine unendlich mannichfaltige Art modificirt werde. Es ſcheine daher ein flüſſiger Körper derjenige zu ſeyn, deſſen Theile in wenigen Punkten zuſammenhängen, und daher wegen der leeren Räume zwiſchen ihnen ohne Widerſtand unter einander beweglich wären. Bey einem feſten Körper finde aber gerade das Gegentheil ſtatt; bey dieſem hiengen nämlich die Theile ſo ſtark an einander, daß ſie ſich unter einander nicht bewegen könnten. Er vermuthet, daß die Theilchen der Atomen der feſten Körper in Häkchen oder in Aeſte, wie etwa die Wurzeln der Zwiebelgewächſe, ſich endigen, in einander greifen oder verflochten ſind, und auf ſolche Art das Ganze mit großer Gewalt zuſammenhalten.

Eine Art der Flüſſigkeit ſey das Feuchte (humidum), und eine Art der Feſtigkeit das Trockene (ſiccum). Es adhärirten nämlich feuchte Theile mit den Theilen eines feſten Körpers, indem ſie ſelbſt in ſeine

p) Syntagma philoſophiae Epicuri. cap. XIII. in opp. T. II. p. 21.

ſeine Zwiſchenräume eindrängen, und dadurch den Körper ebenfalls feucht machten.

Was die Weichheit (mollities) der Körper betreffe, ſo entſtehe dieſe nothwendig daher, daß die Atomen der feſten Körper weiter von einander getrennt, und mehrere leere Zwiſchenräume dadurch erzeugt würden. Sie ſey gewiſſer Maaßen mit der Dünne (raritas) einerley; denn je dünner ein Körper ſey, deſto größere Weichheit beſitze er auch. Härte (durities) hingegen entſtehe auf die gerade entgegengeſetzte Art, und ſey mit der Dichtigkeit (denſitas) einerley; denn je dichter ein Körper ſey, deſto größer ſey auch ſeine Härte.

Einen ganz eigenen Begriff von der Natur der Flüſſigkeit hatte der berühmte Italiäner Johann Alphonſus Borellus [q]) (geb. 1608. geſt. 1679.). Er erklärt einen flüſſigen Körper ſo: alle Theile (verſteht ſich die kleinſten) beſitzen für ſich ein gleiches Gewicht, dabey kann aber ein jeder Theil von einer äußern Kraft in Bewegung verſetzt werden, ohne die übrigen mit zu bewegen, oder es können dieſe übrigen Theile zugleich aber nach entgegengeſetzter Richtung bewegt ſeyn. Dieſe Merkmale fielen bey feſten Körpern gänzlich weg. Es ſcheint dieſe Erklärung auf die ſonſt gewöhnliche hinauszulaufen, daß nämlich die Theile der flüſſigen Materie mit einer unendlich kleinen Kraft unter ſich zuſammenhangen. — Allein dieſer Erklärung zu Folge läßt ſich ein Sandhaufen, Mehlhaufen, und überhaupt jede Anhäufung eines feinen Pulvers von einem flüſſigen Körper gar nicht unter-

q) De motionibus naturalibus a gravitate pendentibus. Lugd. Batav, 1686. 4. cap. VII.

unterſcheiden. — Nach Feſtſetzung dieſes Begriffs giebt ſich Borellus außerordentliche Mühe zu beweiſen, jede Flüſſigkeit ſey nicht als Continuum, ſondern vielmehr als eine Anhäufung von unendlich kleinen harten Körperchen (Atomen) zu betrachten. — Wie können aber harte Körperchen in ihrer Zuſammenhäufung flüſſige Körper bilden? — Borellus ſucht dieß zwar zu beweiſen, aber gewiß nicht befriedigend. Die Meynung des Carteſius, daß das Weſen der Flüſſigkeit in der Bewegung der Theile, und der Feſtigkeit in der Ruhe derſelben beſtehe, nennt er abgeſchmackt; denn die unmittelbare Berührung der Theile beſtimme noch nicht die Natur der Feſtigkeit, ſondern es werde außerdem noch erfordert, daß die Theile unter einander verbunden, und gleichſam zuſammen geleimet wären. Uebrigens meint aber Borellus, die kleinſten Theilchen der flüſſigen Körper müßten eine ſolche Geſtalt haben, daß der eine auf dem andern nicht kleben bleibe, ſondern von ihm herabgleiten könne d. h. die runde oder wenigſtens kugelähnliche Geſtalt habe.

Der Engländer Robert Boyle (geb. 1626. geſt. 1691.), einer der vornehmſten Experimentatoren in dieſer Epoche, und ein größerer Anhänger von Gaſſendi als von Carteſius, glaubt mit Gaſſendi, daß die Theile der flüſſigen Körper ſich nur in wenigen Punkten berühren, und ſehr viele leere Räume zwiſchen ſich laſſen, nimmt aber mit Carteſius an, daß dieſe Theile in einer beſtändigen Bewegung ſich befinden [r]). Boyle hält indeſſen die Räume zwiſchen den Theilen der flüſſigen Körper nicht für ganz leer, ſondern vielmehr mit einer ſehr feinen Mate-

r) Hiſtoria fluiditatis et firmitatis, in opp. var.

Materie angefüllt, welche entweder gar keinen oder doch nur einen ſehr geringen Widerſtand leiſte, und daher auch dem geringſten Drucke ausweiche. Daß aber die Theile der flüſſigen Körper in einer beſtändigen Bewegung wären, will er daher beweiſen, weil die Vermiſchung vom weißen und rothen Weine durchaus eine röthliche Farbe erhalte, Zucker oder Salz in Waſſer gethan ſich ſogleich auflöſe, und demſelben vom Boden des Gefäßes bis zur Oberfläche durchaus einen ſüßen oder ſalzigen Geſchmack mittheile u. ſ. f. welches alles ohne Bewegung der Theile der flüſſigen Körper unmöglich erfolgen könne. — Allein bey Auflöſungen hat man gar nicht nöthig, eine ſolche Bewegung der flüſſigen Theile vorauszuſetzen, indem ſich dieſe Erſcheinungen weit richtiger aus andern Gründen erklären laſſen. —

Was nun die feſten Körper betrifft, ſo beſitzen dieſe nach Boyle ſolche Eigenſchaften, welche den der flüſſigen Körper gerade entgegengeſetzt ſind; ihre Theile nämlich ſind gröber, als die der flüſſigen Körper, befinden ſich in Ruhe, und ſind ſo in einander verflochten, daß ſie ohne Widerſtand gar nicht von einander getrennt werden können. Unter den gröbern Theilen verſteht Boyle ſolche, welche bey ihrer Verbindung zu einem Körper durch die Thätigkeit der ihnen umgebenden Luft oder ätheriſchen Materie in keine kleinere Theile zerſtreut oder getheilt werden können.

Daß die Ruhe der Theile, um ſich zu einem feſten Körper zu verbinden, nöthig ſey, ſucht Boyle aus manchen Erfahrungen darzuthun. Die erſte Veranlaſſung zu dieſer Behauptung gab ihm das Schleifen und Poliren der Gläſer. Wenn er nämlich die Fläche eines erhabenen Glaſes in der concaven Fläche

eines Körpers ſchliff, auch ohne etwas Flüſſiges dazwiſchen zu bringen, ſo bemerkte er, daß beyde ſo ſtark an einander hängen blieben, daß er das Glas, ohne es auf der concaven Fläche zu verſchieben, nicht abreiſſen konnte, wenn er das Glas nicht zerbrechen wollte. Hieraus ſchließt er, daß durchs Schleiſen eine unendliche Menge von Punkten beyder Körper in Berührung kommen, wobey zugleich der Impuls der Luft ausgeſchloſſen werde; dadurch werde aber Ruhe der Theile bewirkt, indem die Erhöhungen eines jeden Körpers in die Vertiefungen des andern eingreifen. Boyle ſtellte nachher mehrere Verſuche mit Glasplatten, Marmorplatten u. d. gl. an, und fand, daß ſie beſtändig deſto ſtärker an einander hiengen, je glätter ſie polirt waren. Boyle, welcher ſich von dem Drucke der Atmosphäre durch ſo viele wichtige Verſuche überzeugt hatte, war zwar ſehr geneigt zu glauben, daß der Zuſammenhang der Theile beſonders großer Maſſen größtentheils von dem Drucke der äußern Luft herrühre; allein bey kleinen Maſſen würde man deſto mehr verſichert, daß der Zuſammenhang der Theile ſeinen Grund in der Ruhe derſelben habe.

Da nun Boyle die Flächen beyder Platten mit etwas Flüſſigem anfeuchtete, und ſie nachher zuſammenbrachte, ſo war er über den großen Zuſammenhang erſtaunt, welcher ihm mit dem Zuſammenhange, den trockene Platten zeigten, gar nicht vergleichbar zu ſeyn ſchien. Natürlich mußte dieſes Phänomen dem Boyle ſehr auffallend ſeyn, da er vielleicht aus dem Grunde, daß die Theile der flüſſigen Materien in einem unendlich geringen Zuſammenhange, und außerdem noch in einer beſtändigen Bewegung ſeyn ſollten, das Gegentheil vermuthete. Allein

Boy-

Boyle, welcher ein Atomiſtiker war, ſuchte gleichwol dieſe Erſcheinung mit ſeiner Theorie zu vereinigen. Erſtlich beſtärkte ſie ihm die Meynung, daß die vorzüglichſte Urſache des Zuſammenhanges bey großen Maſſen von dem Drucke der Luft herrühre. Denn ſchon durch die Glätte der polirten Flächen, glaubte er, werde beym Zuſammenbringen derſelben verurſacht, daß die meiſte Luft zwiſchen den beyden Platten ausgetrieben werde, und die in geringer Menge zurückbleibende Luft könne keinen ſo großen Gegendruck ausüben, als der Druck der Atmosphäre von außen her wäre; weil aber doch allemal noch etwas Luft zurückbleibe, ſo könne auch der Zuſammenhang ſo beträchtlich groß nicht ſeyn. Wenn man hingegen die Flächen der Platten mit einem Liquor befeuchte, ſo würden dadurch die Vertiefungen völlig ausgefüllt, und eine vollkommene Glätte zu wege gebracht, ſo daß ſich alsdenn, wenn die Platten ſorgfältig zuſammengebracht würden, keine Luft mehr zwiſchen ſelbigen befinden könne; daher auch nunmehr die Atmosphäre mit ihrer ganzen Stärke gegen die Platten zu drücken vermögend ſey. Daß aber doch in dem Drucke der Luft nicht allein die alleinige Urſache des Zuſammenhanges zu ſuchen ſey, erkannte auch Boyle, indem er ihn ebenfalls, wiewol vermindert, im leeren Raume der Luftpumpe wahrnahm. Ferner hielt er ſich aus noch andern Erfahrungen ſogar berechtigt zu ſchließen, daß ein Liquor in gewiſſer Rückſicht nöthig ſey, um feſte Theile zur Berührung zu bringen, und ſie folglich in Ruhe zu ſetzen. Boyle nimmt nämlich außer der Ruhe der Theile noch ein eigenes Gewebe derſelben an. Dieſerwegen, ſagt er, müßten die Theile eine ſolche Form oder Figur beſitzen, daß ſie ſich gleichſam in einander flechten. Wenn daher der-

dergleichen Theile in einem Liquor abgeſondert von einander ſich befänden, ſo würden ſie durch beſtändige Bewegung der flüſſigen Theile zugleich mit beweget, dadurch kämen ſie aber, vielleicht erſt nach unendlichen Revolutionen, in unmittelbare Berührung, verwickelten ſich in einander, wie etwa die zuſammengedreheten Fäden eines Seiles, und verſetzten ſich in Ruhe. Am beſten bewieſen dieß einige Salze, welche im Waſſer aufgelöſet wären, und ſich durchs Abdampfen und ruhiger Erkaltung zu feſten Körpern in Kryſtallenform verbänden.

Es könne aber auch noch eine andere Urſache geben, warum Körper in den Zuſtand der Feſtigkeit verſetzt würden, wenn nämlich fremde körperliche Theile in die Poren derſelben eindrängen. Boyle zählt vier Arten dieſer Wirkung auf:

1. indem durchs Eindringen fremder Körperchen die flüchtigen Theile, die in den Poren der Materie enthalten waren, und ihre Figur zum Zuſammenhange unfähig machten, oder auch durch ihre Bewegung die Vereinigung derſelben verhinderten, vertrieben würden.

2. indem die fremden Körperchen die Theile, welche die Maſſe bilden, in ihrer Bewegung hinderten und ſie zur Ruhe brächten.

3. indem ſich die fremden Theile mit den Theilen der Subſtanz ſo verbinden, daß ſie dadurch zur Bewegung ungeſchickt, zur gegenſeitigen Verbindung aber fähiger gemacht werden.

3. indem die fremden Körperchen in den Theilen der Materie eine ſolche Bewegung zu wege bringen, daß ſie in mehreren Punkten in Berührung kommen,

und ſich zuletzt ſo zuſammenhängen, wie es bey einem feſten Körper erfordert wird.

Der zweyten und dritten Art, ſagt Boyle, bediene ſich die Natur nicht ſelten, um flüſſige Materie in feſte zu verwandeln.

Aus dieſer kurzen Anführung von den Zuſtänden der Flüſſigkeit und Feſtigkeit, wovon man beym Boyle ſelbſt mehr nachleſen kann, iſt ſchon leicht einzuſehen, daß die ganze Ausführung auf unrichtigen Erklärungen beruhet, und daß man folglich von dem Grunde des Zuſammenhanges der körperlichen Theile eben ſo wenig befriediget wird, wie beym Carteſius und Gaſſendi. — Uebrigens bemerkt Boyle zuletzt noch richtig, daß die Unterſuchung über die Zuſtände der Flüſſigkeit und Feſtigkeit noch vielen Schwierigkeiten unterworfen ſey, und beſonders dieſerwegen habe er keine Betrachtungen über Härte, Weichheit, Zerbrechlichkeit, Rigidität der Körper u. ſ. f. anſtellen wollen.

Honoratus Fabri *) (geb. 1607.) und noch andere leiten den Zuſammenhang der Theile der feſten Körper unter ſich von dem gegenſeitigen Eingreifen der Erhöhungen und Vertiefungen homogener und heterogener Theile ab, ſo wie etwa die Zähne zweyer Sägen gehörig an einander gebracht in einander eingreifen. Er ſucht dieß theils aus einem Faden zu erläutern, welcher, ſo lang er auch ſeyn möge, doch aus einer unendlichen Menge kleiner und rauher unter ſich verwickelter Fädchen zuſammengeſetzt ſey; theils aber auch aus der Miſchung heterogener Theile in den feſten Körpern, welche zuſammenhängen, wie die chemiſche Kunſt beweiſe. In einem Stücke Holze z. B.

cohä-

*) Phyſicae tractat. 2. lib. 5.

cohärirten die homogenen und heterogenen Theile durch Verflechtung der Fibern oder Faſern, auch in den kleinſten Theilen; würde aber aus ſelbigem alles Waſſer, alles Oel und Salz ausgetrieben, ſo bleibe zuletzt ein bloßes nicht zuſammenhangendes Pulver, nämlich die Aſche, übrig.

Claudius Franziſcus Dechales [t]) (ſt. 1679), welcher mit vielen Gründen des Carteſius Syſtem überhaupt beſtritt, ſuchte auch die Meynung derjenigen, welche das Weſen der flüſſigen und feſten Körper in der Bewegung und Ruhe der Theile ſetzen, zu widerlegen. Es würde hier zu weitläuftig und auch unnöthig ſeyn, alle ſeine Gründe gegen dieſe Meynung anzuführen. Ich bringe nur einige bey. Die Behauptung, daß die Auflöſung der Salze, des Zuckers und anderer Körper einen vorzüglichen Beweis von der Beweglichkeit der Theile der flüſſigen Körper abgebe, ſey völlig ungegründet. Denn bey dieſer Vorausſetzung müſſe die Luft, welche flüſſiger, und folglich beweglicher, als das Waſſer wäre, ſolche Körper in noch kleinere Theile theilen, welches aber der Erfahrung entgegen ſey. Dechales glaubt, die flüſſige Materie dringe aus eben der Urſache in die Poren der Körper ein, als das Waſſer in den Haarröhrchen über die äußere Waſſerfläche hinausſteige, wovon nachher, und trenne auf ſolche Art die Theile derſelben von einander. Er ſetzt vielmehr das Weſen der Flüſſigkeit in die allerfeinſte Theilung der flüſſigen Körper, deren Theile ungemein gering zuſammenhängen. Da aber die feſten Körper aus gröbern Theilen, als die flüſſigen, zuſammengeſetzt wären,

t) Hypotheſis Carteſianae refutatio, in mundo mathematico. T. I. Lugd. 1690. fol. pag. 680. ſqq.

ren, ſo würden die Theile der letztern die der erſtern gar nicht aus der Stelle bringen können; mithin würde nach Dechales Meynung gar kein feſter Körper von einem flüſſigen aufgelößt werden können. Es gebe zwar, ſagt er, einige flüſſige Materien, deren Theile in Bewegung ſind, allein dieſe habe nicht in der Flüſſigkeit als ſolcher ihren Grund, ſondern ſey erſt aus andern innern Urſachen hervorgebracht. Eine ſolche Bewegung der Theile nehme man beſonders in denjenigen flüſſigen Materien gewahr, in welche gewiſſe Salze gebracht würden; denn ſobald die flüſſigen Theilchen in die Poren der Salze eindringen, um dieſe zu trennen, erhielten ſie eine Kraft zur Bewegung, wodurch die Flüſſigkeit zugleich mit bewegt werde. Ueberhaupt glaubt Dechales, daß bey den Auflöſungen der flüſſigen Körper die Flüſſigkeit gleichſam nur das Vehikel ſey, in welchem die getrennten Theilchen des aufgelößten Körpers ſchwimmend erhalten würden.

Dieſen Vorſtellungen gemäß ſucht Dechales folgende Erſcheinungen bey den Auflöſungen zu erklären:

1. die geſättigte Auflöſung im gemeinen Waſſer. Es drängen nämlich in die Poren des Waſſers ſo viele Salztheile ein, daß ſie keine mehr aufnehmen könnten, in welchem Falle nothwendig die Auflöſung aufhören müſſe. Nach der Hypotheſe des Carteſius könne man nicht begreifen, warum die geſättigte Auflöſung kein Salz mehr in ſich nehmen wolle, da ſie doch immer noch flüſſig ſey, mithin ihre Theile in Bewegung wären.

2. Die Kryſtalliſation. Das Waſſer nämlich, welches mit Salz angeſchwängert ſey, werde durch die Kraft der Hitze feiner (rarior), mache ſich von den

Salztheilen los, und entweiche in Dampfgeſtalt; dadurch kämen aber die Salztheile in größere Berührung unter einander, und bildeten ſich zu ihrer natürlichen Form.

3. Die Präcipitation. Würde nämlich in eine geſättigte Auflöſung eine andere ſpecifiſch leichtere flüſſige Materie gebracht, ſo vermiſche ſich dieſe mit der flüſſigen Materie der Auflöſung, wodurch die aufgelößten harten Theilchen ein größeres ſpecifiſches Gewicht erhielten, als die Vermiſchung beyder Flüſſigkeiten beſaß, mithin fielen jene in einen Aggregatzuſtand zu Boden nieder.

4. Die Gerinnung oder Coagulation. Da man nämlich wiſſe; daß bloß ſolche Liquoren gerinnen, welche den größten Grad der Flüſſigkeit nicht beſäßen, ſo könne man ſich auch vorſtellen, daß ihre kleinen Theile wegen der Härte nicht weiter theilbar wären. Wenn aber ein anderer ebenfalls nicht vollkommen flüſſiger Liquor in die Zwiſchenräume dieſer Theilchen eindringe, ſo daß alle Bewegung aufhöre, ſo würden ſie ſich in einen gewiſſen feſten Körper zuſammenziehen.

Daß die Erklärung aller dieſer Erſcheinungen auf bloßen ſehr unwahrſcheinlichen Hypotheſen beruhe wird man leicht einſehen, und aus dem Verfolg dieſer Geſchichte noch mehr erkennen können.

Was die feſten Körper betreffe, ſo ſey die Erfahrung der Behauptung des Carteſius, daß ihr Weſen bloß in der Ruhe ihrer Theile zu ſuchen ſey, ganz entgegen. So könne man mit Leichtigkeit einen feſten Körper, welcher etwa ein Pfund Gewicht beſitze, von einem Orte zum andern bewegen, da im Gegentheil zur Trennung ſeiner Theile oft eine größere

Kraft,

Kraft, als das Gewicht von 100 Pfund erfordert werde. Ueberhaupt, wenn die Feſtigkeit allein in der Ruhe der Theile beſtünde, ſo müſſe man keinen größern Widerſtand empfinden, um einen Theil des feſten Körpers zu bewegen, als man empfinden würde, ihn von demſelben zu trennen. Es müſſe alſo die Natur der Feſtigkeit in etwas ganz anderm als in der Ruhe der Theile beſtehen.

Es könnten hier noch eine Menge anderer Phyſiker angeführt werden, welche ſich bemüht haben, den Zuſammenhang der körperlichen Theile zu erklären; allein es würde nicht der Mühe werth ſeyn, indem ſie beynahe alle zuletzt den Grund davon darin ſuchen, daß die kleinſten Theilchen der Atomen beſonders in feſten Körpern ſo geformt ſind, daß ſie ſich gleichſam wie die Aeſte lebendiger Hecken in einander flechten. Nur einige wenige, welche in dieſe Periode gehören, laſſen den Zuſammenhang oder die Cohäſion auf einerley Grunde mit der Anziehung, die ſich auch in der Ferne zeigt, beruhen. Solche Aeußerungen findet man häufig beym Roberval in der Schrift, welche den Titel führt: *Ariſtarchi Samii* de mundi ſyſtemate liber ſingularis. Selbſt Newton ſchien dieſer letztern vor allen übrigen Meynungen den Vorzug zu geben; allein zuletzt mußte er doch eingeſtehen, daß die Anziehung der Körper, die in die Ferne wirkt von der Anziehung der Körper in der Berührung unterſchieden werden müſſe.

Ein anderes hieher gehöriges Phänomen, welches in dieſem Zeitraume entdeckt ward, machte den Phyſikern ebenfalls viel zu ſchaffen. Man ward nämlich gewahr, daß in ſehr engen auf beyden Seiten offenen Glasröhren, die man Haarröhren nennt,

nennt, das Waſſer höher hinaufſteige, als es im Gefäße ſteht, worin die Röhren eingetaucht ſind. Dieſe Erſcheinung mußte nothwendig auffallend ſeyn, da ſie eine Ausnahme von dem bekannten hydroſtatiſchen Satze zu machen ſchien, daß nämlich zwey Säulen von einerley flüſſigen Materie nicht anders im Gleichgewichte ſeyn können, als wenn ihre Oberflächen gleich hoch d. i. in eben der horizontalen Fläche liegen.

Der erſte, welcher dieſe Beobachtung machte, ſoll nach de la Lande[u]) Franz Aggiunti, Leibarzt des Großherzogs von Toſcana, einer von den Stiftern der Akademie del Cimento, welcher im Jahre 1653 geſtorben iſt, geweſen ſeyn.

Honoratus Fabri[x]) führt folgende drey Erſcheinungen an den Haarröhrchen umſtändlich an:

1. Wird eine ſolche Röhre in ein Gefäß mit Waſſer getaucht, ſo ſteigt dieß in ſelbiger höher, als es von außen im Gefäße ſteht.

2. Dieſes Steigen erfolgt deſto höher, je enger der Durchmeſſer der Röhre iſt.

3. Aber nie ſteigt es über die obere Oeffnung der Röhre hinaus, ſo daß es von außen wieder herablaufen könnte.

Auch bemerkt er noch, daß vermöge der Verſuche das Waſſer in langen Röhren höher hinaufſteige, als in kurzen. — Allein dieſe Verſuche ſind ganz irrig, wiewol ſie nachher einige Naturforſcher ebenfalls als richtig haben finden wollen. Uebrigens erklärt

u) Diſſer. ſur la cauſe de l'élevation des liqueurs dans les tubes capillaires. à Paris 1770.

x) Tractat. phyſicae V. lib. II. digreſſ. I.

klärt Fabri dieſes Phänomen aus dem Drucke der Luft; er ſagt nämlich, die in der Röhre enthaltene Luft ſey wegen ihrer Enge mehr verdünnt, als die außerhalb derſelben; daher ſey der Druck der Atmoſphäre auf die äußere Waſſerfläche größer, als der Gegendruck in der Röhre, mithin müſſe das Waſſer in der Röhre höher hinaufſteigen, bis das Gleichgewicht wieder hergeſtellt wäre.

Iſaak Voſſius [y]) (geb. 1618. geſt. 1689.), welcher zuerſt bemerkt, daß das Queckſilber in den Haarröhrchen nicht ſo hoch hinaufſteige, als es außerhalb derſelben im Gefäße ſteht, und daß überhaupt alle Erſcheinungen an Haarröhrchen ſich auch in communicirenden Röhren zeigen, wenn der eine Schenkel ein Haarröhrchen iſt, ſucht den Grund des Aufſteigens des Waſſers in der Klebrichkeit (viſcoſitas) deſſelben, vermöge welcher es ſich an das Glas anhänge, und dabey zugleich ſein Gewicht verliehre, folglich das darunter liegende Waſſer nicht mehr drucke. Der Theil des Waſſers nämlich, ſagt er, welcher in der Röhre aufgeſtiegen ſey, übe blos einen Druck gegen die Seitenwände derſelben aus, und könne folglich nicht noch einmal das darunter liegende Waſſer drucken. Dieß erhelle beſonders daher, weil jederzeit an den Seitenwänden der Röhrchen ſo viel Waſſer hängen bliebe, als ſie zu halten vermögend wären, wenn man die Röhrchen aus dem Waſſer herauszriehe. Hierbey bemerkt er zugleich, daß es ſich daraus begreifen laſſe, auf welche Art ſich ein Schwamm mit Wäſ-

y) De Nili aliorumque fluminum origine. Hagae Com. 1666. 4. cap. II. p. 3. ſqq.

Waſſer anfüllen, wie Säfte in den Pflanzen aufſteigen können u.ſ.f. — Nach dieſer Hypotheſe läßt ſich nur nicht das freywillige Aufſteigen des Waſſers in den Röhrchen erklären, wenn ſich auch daraus das Hängenbleiben des einmal aufgeſtiegenen Waſſers einſehen läßt. —

Ferner fährt Voſſius fort, da aber das Queckſilber keine Klebrichkeit beſitze, und ſich nicht an das Glas hänge, überdem auch vermöge eines gewiſſen Beſtrebens nach Gleichgewicht durch die Enge der Röhre verzögert und gleichſam herabgeſtoßen werde, ſo ſcheine es gar nicht wunderbar zu ſeyn, wenn es in engern Röhren niedriger als in weitern ſtehe. — Man ſieht ſehr leicht, daß dieß ſo viel als Nichts geſagt iſt. —

Auch Boyle [z]) unternahm es, mehrere Verſuche mit den Haarröhrchen anzuſtellen. Es iſt nöthig einige davon anzuführen, um daraus die fehlerhaften Schlüſſe, die Boyle daraus zog, deſto beſſer zu erkennen. Zuerſt nahm er ein Haarröhrchen, welches in Form eines Hebers (fig. 36) cfgh gebogen war, wovon der eine Schenkel ga eine größere Länge als der andere fc beſaß. Brachte er nun den kürzern Schenkel cf in ein Gefäß mit Waſſer, ſo ſtieg es in den Schenkel cf hinauf, gieng durch den krummen Theil fg fort, trat weiter in den Schenkel ga und fiel tropfenweiſe aus a herab. Dieſe Erſcheinung nahm Boyle mit Verwunderung wahr. Die Urſache davon war ihm und andern, welche dabei zugegen waren, unbegreiflich. Nun brachte er den

z) Nova experimenta phyſico-mechanica in opp. var. Genev. 1714. 4. p. 104. ſq.

den kurzen Schenkel des Hebers in ein anderes Glas, das genau verſchloſſen werden konnte, ſaugte durch den andern Schenkel die Luft aus dem Glaſe, und fand nun, daß zwar das Waſſer in den kurzen Schenkel hinaufſtieg, aber ſo, ohne in den Schenkel g a zu kommen, hängen blieb. Hieraus ſchien ihm zu folgen, daß das freywillige Abfließen des Waſſers im erſten Falle von dem Drucke der Atmoſphäre auf die Waſſerfläche im Gefäße herrühre; doch, ſagt er, wolle er dieß nicht für gewiß behaupten, indem vielleicht, wenn auch der andere Schenkel g a im luftleeren Raume ſich befinde, der Erfolg anders ausfallen könne. Bey dieſer Gelegenheit hatte Boyle zugleich bemerkt, daß das Waſſer und das Queckſilber in den Röhrchen nicht vollkommen eben, ſondern jenes an den Wänden höher hinaufgeſtiegen, und die Oberfläche wie eine hohle Halbkugel gebildet war, da hingegen das Queckſilber an den Seitenwänden vertieft, in der Mitte aber erhaben ſtand, und zwar kam dieſe Convexität einer Halbkugelfläche deſto näher, je enger die Röhre war. Dieſe Phänomene hat er jedoch weiter keiner Prüfung unterworfen; indeſſen ſcheint er zu glauben, daß ſie von der Form der kleinen Queckſilbertheile und von der Einwirkung der elaſtiſchen Lufttheilchen abhangen.

Nach der Zeit ſtellte auch Boyle Verſuche mit den Haarröhrchen im leeren Raume der Luftpumpe an [a]). Nachdem er bemerkte, daß das Waſſer in den Haarröhrchen eben ſo hoch wie in der äußern Luft geſtiegen war, ließ er mit Auspumpung der Luft den Anfang

a) Experiment. phyſico-mechan. contin. I. exper. 27. p. 63. cont. 2. exp. 9. p. 93.

Anfang machen; hier nahm er wahr, daß eine Menge Blaſen in den Röhrchen aufſtiegen, welche das Waſſer höher trieben, und es in drey von einander abgeſonderte Theile theilten; zugleich ſchienen auch viele andere Blaſen aus der untern Oeffnung der Röhrchen im Waſſer auszugehen.

Ein anderesmal ſigillirte er die eine Oeffnung des Haarröhrchens hermetiſch, brachte die andere Oeffnung deſſelben in der gemeinen Luft unter Waſſer, und fand, daß gar kein Waſſer eindrang, ſo tief er auch die Röhre eintauchte. Allein im leeren Raume verhielt ſich die Sache ganz anders; das Waſſer ſtieg in das Röhrchen hinauf, nicht anders, als wenn es auf beyden Seiten offen wäre, dabey entwickelten ſich im Waſſer des Röhrchens eine Menge kleiner Bläschen, da unterdeſſen viele andere aus der untern Oeffnung der Röhre unaufhörlich herausgiengen, die jedoch in dem Maaße geringer wurden, als ſie ſich im Waſſer der Röhre geringer entwickelten. Nur dieß fiel ihm hierbey auf, daß das Waſſer, welches in dem Röhrchen höher als in dem erſten Verſuche geſtiegen war, ſich nicht in abgeſonderte Theile theilte, wenn gleich aus der untern Oeffnung eine ſo große Menge von Bläschen hervordrang. Endlich zog er das Röhrchen aus dem Waſſer heraus, und nun war kein Bläschen mehr zu ſehen, obgleich die Waſſerſäule in ſelbigem hängen blieb.

Statt des Waſſers nahm Boyle nachher Weingeiſt mit einem Oele vermiſcht; die Erſcheinungen aber waren die nämlichen, nur daß die Miſchung im Haarröhrchen nicht ſo hoch ſtieg.

Aus dieſen Verſuchen hätte Boyle ſehr leicht ſchließen können, daß die Urſache dieſer Erſcheinun-

gen unmöglich der Druck der Luft ſeyn konnte. Allein er ſagt blos, es ſcheine daraus zu folgen, daß die an der untern Oeffnung der Röhrchen beobachteten Blaſen vielleicht von kleinen im Waſſer ſchwimmenden Lufttheilchen herrührten, welche an der Oeffnung aufgehalten würden, und durchs Hinzukommen anderer Lufttheilchen ſich zu Blaſen bildeten. Sonſt hat Boyle weiter keinen Grund von dieſen ihm ſehr auffallenden Erſcheinungen angeführt.

D. Hooke[b]) (geb. 1635. geſt. 1702.) wiederholte die Verſuche mit den Haarröhrchen ſehr ſorgfältig, behauptete aber immer noch, die Urſache derſelben rühre vom Drucke der Luft her.

Alphonſ. Borellus ſuchte die Phänomene, welche Boyle bemerkt hatte, daß ſich nämlich an den Seitenwänden eines im Waſſer eingetauchten Röhrchens rund herum ein kleiner Waſſerberg erhebet, ſehr ſonderbar aus der Schwere der Waſſertheilchen zu erklären. Er ſagt nämlich, das Waſſer in den Röhrchen befinde ſich in gleichen Umſtänden mit dem Waſſer im Gefäße ſelbſt, welches an den Seitenwänden des Gefäßes ebenfalls höher als gegen die Mitte zu ſtehe, und ringsherum einen Waſſerberg bilde. Borellus ſtellt ſich die Waſſertheilchen als kleine Maſchinen vor, von welchen aus der Mitte nach allen Seiten krumm gebogene Aeſte wie Strahlen ausgehen. Kommen nun ſolche Theilchen an die Seitenwände des Gefäßes, ſo ſetzen ſie ſich in den Poren derſelben feſt, und die Erhabenheiten der Wände

b) De motionibus naturalibus a gravitate pendentibus. Lugd. Batav. 1686. 4. prop. 182. ſqq. p. 232. ſqq.

de dienen als Unterſtützungspunkte auf der einen Seite der Waſſertheilchen, indem dieſe auf der entgegengeſetzten Seite von dem darunter liegenden Waſſer getragen werden. Die auf ſolche Art auf der einen Seite unterſtützten Waſſertheilchen wirken daher wie unendlich viele biegſame Hebel, die ihren Ruhepunkt auf den Erhabenheiten der Seitenwände des Gefäßes haben. Daher, ſagt Borellus, müßten dieſe Waſſertheilchen an den Seitenwänden eine geringere druckende Kraft ausüben, und die darunter liegenden Waſſertheile weniger drucken, als diejenigen, welche von den Seitenwänden weiter weg ſich befänden, indem dieſe mit ihrer ganzen Stärke die darunter befindlichen Waſſertheile drücken könnten. Die an den Seitenwänden hängenden Waſſertheilchen müßten alſo nothwendig höher liegen, als die übrigen, und rund herum einen Berg bilden.

Bey den Haarröhrchen bemerkt Borellus, daß das Waſſer in ſelbige höher und geſchwinder hinaufſteige, wenn ſie inwendig feucht wären. Das Hinaufſteigen des Waſſers über der äußern Oberfläche ſucht er ebenfalls von den Waſſertheilchen, welche an der innern Wand wie biegſame Hebel wirken, abzuleiten. Das Anhängen der Waſſertheilchen in den Haarröhren ſey nämlich in Rückſicht des geringen Theils Waſſers, welches das Röhrchen enthalte, ſehr groß, und erſtrecke ſich daher auf die ganze Säule im Haarröhrchen, ſo daß ſie gewiſſer Maaßen einen Theil von ihrem Gewichte verliehre, und daher leichter als das äußere Waſſer wäre; demnach müſſe es auch in den Röhrchen über die Fläche des äußern Waſſers hinaufsteigen, bis ein vollkommenes Gleichgewicht hergeſtellt ſey. Uebrigens müſſe aber auch in dem Röhrchen

chen an der Seitenwand aus eben dem Grunde, wie in jedem andern Gefäße, ein Waſſerberg ſich erheben.

Borellus führt noch einige neue Phänomene der Haarröhrchen an, welche ihm zugleich zum Beweiſe dienen, daß der Druck der Luft unmöglich die Urſache der Erſcheinungen der Haarröhrchen ſey, und welche allerdings erwähnt zu werden verdienen. Wenn nämlich das Haarröhrchen (fig. 37.) ab lothrecht ins Waſſer gebracht werde, und dieſes etwa bis d hinaufſteige, ſo werde es unter gleichen Umſtänden ſich bis e erheben, wenn vorher die innern Wände feucht gemacht worden. Tauche man nun das Haarröhrchen tiefer unter Waſſer, ſo nehme auch das in die Höhe geſtiegene Waſſer in der Röhre einen größern Raum, etwa den von bf, ein. Hiernächſt, ſagt er, ziehe man das Haarröhrchen aus dem Waſſer heraus, und halte es vertikal; man werde alsdenn bemerken, daß an der untern Oeffnung b ein Tropfen c ſich bilde, welcher auch wol herabfalle, und ein neuer entſtehe, bis das Waſſer im Haarröhrchen bis zur Grenze e herabgeſunken ſey, an welcher es freywillig im Gefäße hinaufgeſtiegen wäre, wenn man die innern Seitenwände befeuchtet hätte. Auch alsdenn ſinke das Waſſer im Röhrchen nicht weiter herab, wenn auch der untere Tropfen c weggewiſcht würde. Wäre im Gegentheil das Waſſer unter e etwa bis d herabgekommen, ſo ziehe ſich der an der untern Oeffnung b hangende Tropfen c freywillig hinauf, bis der Raum be ausgefüllt ſey. Dieſes ihm ſehr auffallende Phänomen ſucht er aus den Geſetzen des Gleichgewichts des äußern und innern Waſſers abzuleiten. Allein ſeine Erklärung iſt völlig derjenigen ähnlich, welche das Aufſteigen des Waſſers im Haarröhrchen begreiflich machen ſoll.

Aus dieſer Erſcheinung leitete **Borellus** den merkwürdigen Satz ab, daß das Waſſer im Haarröhrchen, ſo tief man es auch unters Waſſers tauche, nie höher über die Oberfläche des äußern im Gefäße enthaltenen Waſſers hinaufſteige als es ſelbſt in der Luft darinn hangen bleibe, oder auch, wenn die untere Mündung des Röhrchens die Oberfläche des Waſſers berühre.

Uebrigens zeigt **Borellus** zuerſt, in welchem Verhältniſſe das Waſſer in zweyen Haarröhrchen von einerley Materie und verſchiedenen Durchmeſſern in die Höhe ſteige. Er ſagt nämlich, die Kraft der Adhäſion in den innern Wänden der Röhrchen ſey den Berührungspunkten proportional; dagegen aber verhielten ſich die Höhen der in beyden Röhrchen enthaltenen Waſſerſäulen, um gleiches Gewicht zu haben, umgekehrt wie ihre Grundflächen. Daraus läßt ſich nun ſehr leicht das Verhältniß der Höhen des aufgeſtiegenen Waſſers in beyden Haarröhrchen beſtimmen. Man ſetze nämlich, der Durchmeſſer des einen Haarröhrchens A ſey = 1, und der des andern B = 2, ſo würden, weil die Peripherien der Grundflächen beyder Haarröhrchen ſich wie ihre Durchmeſſer verhalten, in dem Haarröhrchen B noch einmal ſo viel Berührungspunkte ſtatt finden, als in dem Haarröhrchen A, folglich müßte ſich verhalten

1. die Höhe in A zu der in B = 1 : 2

Weil ſich aber ferner die Gewichte der Waſſerſäulen, wie die Produkte aus den Grundflächen in die Höhen verhalten, und, um gleiches Gewicht zu haben, die Höhen umgekehrt wie die Grundflächen, dieſe aber wie die Quadrate der Durchmeſſer, ſo hat man auch

2.

2. die Höhe in A zu der in B = $2^2 : 1^2 = 4 : 1$ Man erhält alſo ein zuſammengeſetztes Verhältniß, wo die Glieder multiplicirt werden müſſen, um ein einfaches zu erhalten. Mithin iſt

die Höhe in A: der in B = 1 : 2 (wegen 1.)

die Höhe in A: der in B = 4 : 1 (wegen 2) mithin

die Höhe in A: der in B = 4 : 2 = 2 : 1 d. h. die Höhen, auf welche das Waſſer in zwey Haarröhrchen von verſchiedenen Durchmeſſern ſteigt, verhalten ſich umgekehrt wie ihre Durchmeſſer.

Borellus entdeckte ferner bey den auf dem Waſſer ſchwimmenden Körpern, daß ſich einige, wenn ſie bis auf eine gewiſſe Entfernung von einander gebracht wurden, mit beſchleunigter Bewegung gegen einander freywillig näherten; andere hingegen einander flohen. Zur Entdeckung dieſer merkwürdigen Erſcheinungen ward er durch Gilberts Bemerkung veranlaßt, daß nämlich eiſerne Stäbchen, welche auf dem Waſſer ſchwimmen, und ihrer Länge nach von dem Meridiane verſchiedentlich abweichen, in dieſer Richtung unverändert bleiben, oder ſich in ſelbige verſetzen, wenn ſie in dieſer mittelſt des Hammers ſind geſtreckt worden. Nachdem nun Borellus dieß genau unterſuchen wollte, und von ohngefehr die äußerſten Grenzen zweyer ſolcher ſchwimmender eiſerner Stäbchen bis auf einen Zoll weit von einander gebracht hatte, ſo ward er mit Verwunderung gewahr, daß ſie ſich gegen einander mit Beſchleunigung bewegten, und an einander hängen blieben. Eine ſolche ſonderbare Erſcheinung mußte natürlich dem Borellus aufmerkſam machen, und ihn anreizen, noch mehrere Verſuche auch mit andern Körpern anzuſtellen. Dieſe Verſuche, welche vielleicht einigen ſehr unbedeutend zu

ſeyn

ſeyn ſcheinen, ſind zu wichtig, als daß ſie hier mit Stillſchweigen übergangen werden könnten.

Zuerſt nahm er ein Paar leichte Stücke meſſingene Bleche (fig. 38.) v und x, auf deren Mitte er ein Paar leichte Stiele cd und lm vermittelſt wenig Wachſes ſenkrecht befeſtigte; hierauf brachte er ſie auf die Oberfläche des in dem Gefäße frſo enthaltenen Waſſers, und bemerkte, daß ſie die Oberfläche des Waſſers etwas vertieften, ſo daß an den Blechen rund herum eine Erhöhung vom Waſſer, wie afbg oder inko, entſtand. Nachdem er nun das Blech v mit aller nur möglichen Sorgfalt mittelſt des Stiels cd gegen das andere x bis etwa auf einen Zoll weit genähert hatte, ſo fiengen beyde Bleche an, ſich mit Beſchleunigung gegen einander zu bewegen, und blieben bey der Berührung feſt an einander, zugleich verſchwand in dem Augenblicke der Berühtung der Waſſerberg bghni, welcher vorher beyde Bleche gleichſam von einander abgeſondert hielt. Nachher bereitete er ſich ein Paar hölzerne Tellerchen (fig. 39.) y und z, und befeſtigte, wie vorher, die beyden Stielchen cd und lm auf ſelbige ſenkrecht. Nachdem er nun dieſe auf die Oberfläche des in dem Gefäße ffro enthaltenen Waſſers brachte, ſtiegen rund um die Tellerchen herum Waſſerberge, wie eagb, über die Oberfläche fho des Waſſers im Gefäße hinauf. Bey der Annäherung beyder Tellerchen bis etwa auf einen Zoll gegen einander giengen ſie mit beſchleunigter Bewegung zuſammen, und blieben an einander hangen; dabey verſchwanden aber nicht nur nicht die Waſſerberge bg und ik, ſondern floſſen zuſammen, und erhoben ſich bis zur äußerſten Grenze bi. Endlich brachte er auf die Oberfläche des in dem Gefäße (fig.

40.)

40.) enthaltenen Waſſers das Blech v und den hölzernen Teller z, und näherte beyde einander bis zur Berührung; nachdem er ſie aber frey ließ, flohen ſie ſich augenblicklich.

Wenn er bey den beyden erſten Verſuchen den einen ſchwimmenden Körper an dem Stiele auf dem Waſſer feſt hielt, den andern aber bis etwa auf einen Zoll näherte, ſo bewegte ſich dieſer nach dem erſtern; ſchwammen aber beyde auf dem Waſſer frey, ſo bewegten ſie ſich gemeinſchaftlich gegen einander, nur mit dem Unterſchiede, daß der ſchwerere Körper langſamer, der leichtere aber geſchwinder ſeine Bewegung vollendete. Der nämliche Erfolg nur in umgekehrter Ordnung fand bey dem dritten Verſuche ſtatt.

Dieſe Verſuche wiederholte er im Jahre 1655 in Gegenwart der beyden Herzöge von Florenz und Toſcana Ferdinands und Leopolds, und zeigte ſie auch den Mitgliedern der Akademie del Cimento, durch welche ſie auch auswärts bekannter wurden.

Da der größte Theil der damaligen Phyſiker den Grund der Phänomene der Haarröhrchen in dem größern Drucke der Luft auf die äußere Waſſerfläche ſuchte, ſo unternahmen es die Mitglieder dieſer Akademie, Verſuche mit Haarröhrchen in dem leeren Raume der Luftpumpe anzuſtellen [c]). Ihre Reſultate waren dieſe: das Waſſer blieb im luftleeren Raume auf eben der Höhe in den Röhrchen, auf welche es im luftvollen geſtiegen war, ja man bemerkte keine Veränderung, wenn man gleich die äußere Luft in den lee-

c) Tentamina experimentorum naturalium captorum in Academia del Cimento edita a *Muſſchenbroek*. Lugd. Batav. 1721. 4. p. 90. ſq.

leeren Recipienten mit Gewalt wieder hineinſtrömen ließ; als man ferner nachher erſt das Waſſer unter den Recipienten brachte, und dieſen luſtleer machte, alsdenn aber das Haarröhrchen eintauchte, ſtieg das Waſſer in ſelbigem eben ſo hoch, als im luſtvollen Raume. Hieraus mußten alſo die Mitglieder dieſer Geſellſchaft natürlich ſchließen, daß der Druck der Luft keinesweges die Urſache von dieſen Erſcheinungen ſeyn könne.

Borellus war nunmehr bemüht, den wahren Grund hievon aufzuſuchen. Anfänglich war es ihm aber unmöglich, nur eine wahrſcheinliche Urſache zu finden; nach vielfältig wiederholten Verſuchen endlich glaubte er ſie in den um die ſchwimmenden Bleche ſich erhobenen und an den hölzernen Tellerchen hinaufgeſtiegenen Waſſerbergen ſuchen zu dürfen. Er war nämlich der Meynung, daß bey derjenigen Entfernung der ſchwimmenden Körper von einander, da ſie ſich zu nähern anfangen, das zwiſchen beyden Körpern liegende Waſſer ſtärker als das übrige im Gefäße befindliche gedruckt werde, und mithin niedriger liege, ſo daß beyde Körper gleichſam von einer ſchieſen Ebene herabgleiten und an der unterſten Stelle zuſammen kommen. Seine Beweiſe ſind jedoch äuſzerſt weitläuftig, und ich würde wenig Dank verdienen, wenn ich ſie mit anführen wollte, da ſie noch dazu ganz unrichtig ſind. Man kann ihm auch gern dieſe Beweiſe ſchenken, da man ſchon mit ſeinen Entdeckungen zufrieden ſeyn kann.

Borellus machte noch eine andere hieher gehörige Entdeckung, die ihm weit auffallender war, und von der er gar keinen Grund auffinden konnte. Er nahm zwey recht ebene und glatte Glasplatten,

die auf dem Waſſer ſchwammen, und, nachdem ſie wie die Bleche in Berührung gekommen waren, zog er die eine Platte wagrecht in die Höhe; hier ward er mit großer Verwunderung gewahr, daß die andere Glasplatte an jener hangen blieb, nicht anders als wenn ſie mit dieſer vorſeßlich verbunden wäre. Neigte er die obere Glasplatte etwas gegen den Horizont, ſo ſank auch die untere wie von einer ſchieſen Ebene herab, ohne von ihr getrennt zu werden. — Dieſer Verſuch hätte ihm ſehr leicht auf den Gedanken bringen können, daß das Waſſer mit dem Glaſe ſtärker, als unter ſich zuſammenhänge. Allein Borellus läugnet ſchlechterdings alle Anziehung in der Natur.

Noch ein anderes ganz allgemein bekanntes Phänomen, welches ſich ebenfalls auf den Zuſammenhang der körperlichen Theile gründet, machte unter den Phyſikern dieſes Zeitraumes viel Aufſehen. Es iſt dieß nämlich die freye Bildung der einzelnen Theilchen flüſſiger Körper in die Kugelgeſtalt. Dieſe von ſelbſt erfolgende Wirkung ſchrieb man faſt allgemein dem Drucke der äußern Luft zu. Um nun näher zu unterſuchen, ob dieſe Meynung gegründet ſey, brachten die Mitglieder der Akademie del Cimento Waſſertropfen, Queckſilbertropfen und Thautropfen in den leeren Raum der Luftpumpe; dieſe behielten aber ihre Kugelgeſtalt wie zuvor, und nahmen ſie auch an, wenn Theilchen von flüſſigen Körpern abgeſondert wurden. Daraus folgerten ſie natürlich, daß unmöglich die ſphäriſche Geſtalt der flüſſigen Theilchen von dem Drucke der Luft abhange [d]).

Borel-

d) Tentamina experiment. etc. p. 62.

Borellus c) verſuchte nun, eine andere Urſache anzugeben. Weil nämlich die Waſſertheilchen gleichſam als Maſchinen zu betrachten wären, deren Theile als krummgebogene Hebel wirkten, und welche folglich einen kleinen Sack bildeten, deſſen mittlere Theile vermöge ihrer Schwere die krummen Hebel auf der Oberfläche des Tropfens in eine Art von Netz ausdehnten. Da nun dieſe Hebel ihrer Energie wegen ſtärker, als die Schwere des Tropfens wirkten, ſo behalte dieſer auch ſeine Kugelgeſtalt. — Ohne Zweifel konnte dieſe Erklärung niemanden befriedigen. —

Noch merkwürdiger war dem Borellus die Vereinigung zweyer Tropfen homogener Flüſſigkeiten zu einem einzigen kugelähnlichen Tropfen, wenn ſie in unmittelbare Berührung kommen. Dieſe Erſcheinung leitet er von der druckenden Kraft der ſich berührenden Theilchen ab, weil ſie ſich nicht in einer ebenen Fläche vereinigen könnten. Da aber eine jede Flüſſigkeit eine gewiſſe Klebrichkeit beſitze, welche ſtärker, als das Gewicht der ſich mit einander verbindenden Theile wirke, ſo müßten ſich nothwendig die dazwiſchen liegenden Theilchen wegen des Gleichgewichtes erheben. Er ſucht dieß auf folgende Art deutlicher zu machen: wenn ſich die beyden Queckſilbertropfen (fig. 41.) abcd und ebfg, welche auf der ebenen Unterſtützung vx ruhen, ſeitwärts in b berühren, ſo erhelle leicht, daß ſich die flüſſigen Theile bc und bf vereinigen können, und daß ſie die dazwiſchen liegende Luſt bcf gegen c und f hintreiben. Dieſe Vereinigung ſelbſt aber erfolge in den äußerſten Theilchen ab und eb, und es entſtehe daher eine eyförmige

c) De motionibus a nat. grav. pendent. p. 175. ſqq.

mige Geſtalt h i k l, welche ſich nachher in eine runde jedoch mehr gedruckte Form zuſammenziehe, weil nun die auf der ebenen Unterſtützung v x lothrechte Axe h k Theile in einem Kreiſe von ungleichen Momenten verbunden würden, indem nämlich die Theile i und l von der Axe h k weiter abſtünden als der obere und untere Theil h und k; ſo müßten vermöge mechaniſcher Geſetze die weniger gedruckten Theile von den mehr comprimirten auf eine größere Entfernung von der Axe zurückgetrieben werden. Außerdem müßten aber auch die von der Axe h k entferntern Theile i und l wiederum auf diejenigen zurückwirken, welche der Axe am nächſten liegen, mithin würden ſich die zu oberſt liegenden Theile bey o m n erheben, und die ſeitwärts liegenden i und l nach p und r hingehen. — Doch ich wünſche demjenigen Glück, welcher ſich mehr, als ich es vermögend bin, von dieſer mechaniſchen Erklärung der angeführten Erſcheinung überzeugen kann. —

Aus dieſer Erzählung ſieht man hinreichend, daß in dieſem Zeitraume eine ziemliche Menge wichtiger Entdeckungen, welche ſich auf den Zuſammenhang der körperlichen Theile gründen, entdeckt und näher unterſucht worden ſind. Allein kein einziger war ſo glücklich, von dieſen wichtigen Phänomenen eine befriedigende Erklärung zu geben, worüber man ſich jedoch nicht wundern darf, da man ſelbſt hierinn bis jetzt noch nicht ſehr viel weiter gekommen iſt. Ja in dem Zuſtande, in welchem ſich damals die Phyſik befand, war es auch faſt unmöglich, hierinn glücklich zu ſeyn. Durch das Syſtem des Carteſius waren die ſogenannten verborgenen Qualitäten der Scholaſtiker ganz allgemein verächtlich gemacht, und ob man gleich mit weit größerm Muthe als vormals

den Weg der Erfahrung wählte, ſo war doch dieſer viel zu langſam, um mit einem Male die Geheimniſſe der Natur zu enthüllen. Selbſt der Gedanke, welcher mit der Erfahrung und beſonders mit der merkwürdigen Erſcheinung des Magnetiſmus ſo analog war, daß die Cohäſion auf der gegenſeitigen Anziehung der Materie beruhe, mußte befriedigend genug ſeyn, da man das Geſetz der Gravitation noch nicht kannte, und mithin noch nicht zu unterſuchen vermochte, ob es auch bey der Cohäſion ſtatt finde. Einige verfielen aber auch wieder in den Fehler, alles durch Druck, Stoß oder Zug auf eine ganz mechaniſche Art zu erklären, wozu beſonders noch die wichtige Entdeckung der Schwere der Luft, wodurch ſo unendlich viele Erſcheinungen in der Natur ſo glücklich erklärt werden konnten, Veranlaſſung gab. Man wollte daher auch den Zuſammenhang der körperlichen Theile ganz von mechaniſchen Urſachen ableiten, ohne weiter daran zu denken, ob nicht dieſe Urſachen ſelbſt wieder einen andern Grund hätten.

Bewegung überhaupt.

Es iſt bereits in der erſten Epoche angeführt worden, daß Galilei zuerſt die Lehre der Bewegung glücklicher als alle ſeine Vorgänger entwickelte. Seine entdeckten Geſetze vom freyen Falle der Körper gaben beſonders Gelegenheit, die Theorie der krummlinichten Bewegung genauer zu beſtimmen, und dadurch einen guten Grund zur höhern Mechanik zu legen. Das nöthigſte hievon, was in die Phyſik gehört, ſoll an den gehörigen Orten kürzlich angeführt werden. Die Eigenſchaften der Bewegungen überhaupt lehrte Carteſius noch verſtändlicher als Galilei. In Beſtimmung und Feſtſetzung der Begriffe war er zwar

nicht ſehr glücklich, wie ſeine daraus abgeleiteten Folgen deutlich beweiſen; indeſſen bearbeitete er doch als guter Mechaniker die Sache ſelbſt, welche mit jenen Begriffen in weiter keiner beſondern Verbindung ſtehet, mit ziemlichen Glücke. Ja ſelbſt ſeine irrigen Lehren gaben Gelegenheit, einige von ihm ganz neu betrachtete Gegenſtände näher zu unterſuchen, und vorzüglich dieſerwegen iſt es nöthig, ſelbſt dieſe hier kürzlich mit zu berühren. Gleich anfänglich tadelt er den gemeinen Begriff der Bewegung als einer Thätigkeit, wodurch die Körper von einem Orte zum andern gebracht werden, und glaubt vielmehr richtiger darunter eine Verſetzung eines Theiles der Materie oder eines einzelnen Körpers aus der Nachbarſchaft derjenigen Körper, welche mit jenem Theile der Materie in unmittelbarer Berührung ſind, in die Nachbarſchaft anderer Körper zu verſtehn [f]). Unter einem Theile der Materie oder unter einem einzelnen Körper begreift er alles das, was zugleich auf einmal fortbewegt wird, wenn gleich dieſes wiederum aus vielen Theilen beſtehen könne, die unter ſich auf eine andere Art bewegt ſind. Descartes behauptet, bewegte Körper beſäßen nicht nur allein eine Kraft, ſondern auch ruhende Körper, und die Ausdrücke Bewegung und Ruhe druckten nur verſchiedene Arten (modos) eines bewegten Körpers aus. Er ſieht es als ein falſches Vorurtheil an, daß man zur Bewegung mehr Kraft, als zur Ruhe erfordere. So habe man z. B. ſagt er, nicht mehr Kraft nöthig, ein auf dem Waſſer ruhendes Schiff in Bewegung zu verſetzen, als das im vollen Laufe begriffene plötzlich zur Ruhe zu bringen. Auch

f) Principia philoſophiae. Pars II. prop. XXIV. ſqq.

Auch ſetzt Carteſius die vorwärts gehende Bewegung nicht der rückwärts gehenden, ſondern Bewegung überhaupt der Ruhe entgegen. So ſagt er, notandum eſt, unum motum alteri motui aeque veloci nullo modo eſſe contrarium: ſed proprie tantum duplicem hic inveniri contrarietatem: unam inter motum et quietem vel etiam inter motus celeritatem et tarditatem, quatenus ſcilicet illa tarditas de quietis natura participat; alteram inter determinationem motus verſus aliquam partem, et occurſum corporis in illa parte quieſcentis, et aliter moti, atque pro ratione partis, in quam corpus alteri occurrens movetur, haec contrarietas eſt major vel minor. Uebrigens nimmt er eine doppelte Urſache der Bewegung an, nämlich eine allgemeine und eine beſondere; jene iſt unveränderlich, und verurſacht daher, daß in der Welt immer einerley Größe der Bewegung erhalten werde. Er hält dieſe für die Gottheit ſelbſt, welche eben als ein unveränderliches Weſen zu keiner Zeit mehr oder weniger Bewegung, als zur andern, hervorbringen könne, und die einmal hervorgebrachte Bewegung, ſo wie die einmal erſchaffene Materie erhalten müſſe. Durch die beſondere Urſache hingegen würden einzelne Theile der Materie in Bewegung verſetzt, welche ſie vorher nicht gehabt hätten. Dieſe kurze Darſtellung zeigt ſchon deutlich genug, welche irrige Begriffe er feſtſetzte, und ſeine Folgen daraus werden dieß noch deutlicher zeigen. Gleichwol leitete er hieraus einige wichtige Geſetze der Bewegung her:

1. Ein jeder Körper muß in dem Zuſtande beharren, in welchem er ſich einmal befindet; leidet er aber eine Veränderung, ſo wirken äußere Urſachen

auf

auf ihn. Er bleibt alſo in Ruhe, wenn er einmal ruht, und bewegt ſich beſtändig gleichförmig fort, wenn er ſich einmal bewegt. Soll demnach der ruhende Körper in Bewegung, und der bewegte in Ruhe verſetzt werden, ſo müſſen äußere Urſachen auf ihn wirkſam ſeyn. Daß dieſes Geſetz allgemein wahr ſey, lehrt die Erfahrung, ſo wie auch Carteſius ſich ſelbſt darauf beruft. Wenn z. B. ein Körper durch den Wurf in Bewegung geſetzt werde, ſo müſſe er ſie auch gleichförmig fortſetzen, wenn nicht äußere Urſachen derſelben entgegen wären. Allein ſchon die Luft wirke ihr entgegen, und verurſache, daß ſie immer langſamer und langſamer erfolge, bis endlich der Körper wieder zur Ruhe komme.

2. Wenn der Körper einmal angetrieben iſt, ſo bewegt er ſich nach derſelben Richtung geradlinicht fort. Dieß iſt eine natürliche Folge aus dem erſten Geſetze, indem kein Grund da iſt, warum er ſich in ſeiner einmal erhaltenen Richtung ändern ſollte. Wenn alſo ein Körper eine krumme Linie beſchreibt, ſo muß auch ſeine Richtung durch eine äußere Urſache beſtändig geändert werden; denn ſonſt würde er in dem Punkte, wo dieſe Urſache zu wirken aufhörte, ſich nach der Tangente fortbewegen. So wird z. B. ein Stein im Kreiſe geſchwungen in jeder Stelle ſeiner Bahn von der Hand oder einem andern Hinderniſſe zurückgehalten, daß er ſich nicht in gerader Linie fortbewegen kann. Höre aber die Hand oder das Hinderniß auf ihn zu wirken auf z. B. in der unterſten Stelle, ſo werde er auch in dem Augenblicke in der geraden Linie, welche den Kreis an dieſer Stelle berührt d. i. in der horizontalen Linie ſich fortbewegen.

3. Wenn ein bewegter Körper einen andern begegnet, und dieſer mit größerer Kraft widerſteht, ſo geht erſterer mit unveränderter Bewegung zurück, mithin verliert er eigentlich nichts, als ſeine Direction. — Daß aber dieſes Geſetz nicht in allen Fällen ſeine Richtigkeit habe, wird weiter unten unter dem Artikel, Stoß der Körper, gezeigt werden. — Beſitzt hingegen der bewegte Körper eine größere Kraft, als der andere ihm widerſteht, alsdenn theilt jener dieſem eine Bewegung mit, und verliert von ſeiner Bewegung nur ſo viel, als er dieſem mittheilt. So lehre die Erfahrung, daß harte Körper, welche gegen einen andern harten Körper geworfen würden, von dieſem wieder zurückprellen, da ſie im Gegentheil gegen einen weichen Körper ſogleich ihre Bewegung verlieren und zur Ruhe kommen.

Carteſius ſah alſo wol ein, daß zu jeder Bewegung Kraft erfordert werde. Da aber zu einer doppelt ſo großen Maſſe auch eine doppelt ſo große Kraft nöthig iſt, wenn beyde eine gleiche Geſchwindigkeit erlangen ſollen, und da überdem eine halb ſo große Maſſe mit doppelter Geſchwindigkeit eben ſo viel ausrichte, als eine einfache Maſſe mit einfacher Geſchwindigkeit; ſo glaubt er mit Recht, daß das Vermögen eines Körpers von ſeiner Maſſe und Geſchwindigkeit abhange, und daß überhaupt die Größe der Bewegung dem Produkte aus der Maſſe in die Geſchwindigkeit gleich ſey. Dieſes Produkt betrachtete er als das Kräftenmaas der Körper, womit ſie entweder in der Ruhe das Hinderniß, oder in der Bewegung andere Körper, welche ſie begegneten, zu bewegen ſuchten.

Auch

Auch führt Carteſius ganz richtig an, daß eine oder mehrere Kräfte, welche nur nach einerley Richtung wirken, den Körper auch nur nach einer geraden Linie bewegen können (eine ſolche Bewegung heißt eine einfache); wenn hingegen mehrere Kräfte auf einen Körper nach verſchiedenen Richtungen wirkten, ſo müſſe er ſich nach einer mittleren Richtung hinbewegen (eine ſolche Bewegung heißt eine zuſammengeſetzte). Ja ſelbſt eine jede geradlinichte oder einfache Bewegung laſſe ſich ſo betrachten, als wenn ſie durch die Wirkung zweyer Kräfte erfolgt wäre, deren Richtungen einen Winkel einſchließen, indem man ſich die gerade Linie als die Diagonallinie eines Parallelogramms vorſtellen könne. Eine jede krummlinichte Bewegung endlich erfordere wenigſtens zwey Kräfte, die eine nämlich, um den Körper in einer gewiſſen Richtung zur Bewegung zu bringen, und die andere, um ihn von dieſer Richtung ſtetig abzulenken.

Die Entdeckungen, welche in dieſem Zeitraume in der Lehre der krummlinichten Bewegungen gemacht worden ſind, ſollen in den folgenden Artikeln angeführt werden.

Pendelbewegung.

Galilei, der ſchon in der Jugend auf das freye Schwingen des Pendels aufmerkſam war, hatte bereits einige oben angeführte Geſetze, die er beſonders zum Beweiſe der Geſetze des freyen Falles der Körper gegen die Peripatetiker gebrauchte, entdeckt, und dadurch zur weitern Unterſuchung eines Gegenſtandes Veranlaſſung gegeben, welcher eine reiche Ausbeute ahndete. Man ſahe ſich auch in dieſer Erwartung nicht betrogen. Nach Galilei gab man ſich zuerſt

 Mühe,

Mühe, durch den Fall der Pendel die Geſetze des freyen Falles der Körper, welche ſo vielen Widerſpruch fanden, beſtimmter und genauer zu erweiſen, und beſonders das Pendel zum Gebrauche eines genauen Zeitmaaßes einzurichten. Zu dieſen Abſichten wurde die Lehre vom Pendel vorzüglich bearbeitet von Evangeliſta Torricelli [g]) (geb. 1618. geſt. 1647.), Johann Baptiſta Baliani [h]), Athanaſius Kircher [i]), Marinus Merſenne [k]), Johann Baptiſta Riccioli [l]) und von mehreren andern Geometern. Die größten und wichtigſten Erweiterungen erhielt aber dieſe Lehre von dem berühmten Niederländer Chriſtian Huygens.

Ob die von Galilei entdeckten Geſetze des freyen Falles der Körper ihre Richtigkeit hätten, ſuchten beſonders Baliani und der P. Merſenne durch vielfältig angeſtellte Verſuche mit dem Pendel zu beweiſen. Sie fanden, daß gleich lange Pendeln von einerley Höhe in gleicher Zeit bis zur unterſten Stelle herabfielen, ob ſie gleich verſchiedenes Gewicht beſaßen. Zwar verſichert Riccioli, daß bey ſolchen Pendeln jederzeit der ſchwerere Körper etwas eher die unterſte Stelle erreicht habe, als der leichtere, beſonders wenn dieſer ein beträchtlich größeres Volumen,

g) De motu gravium naturaliter deſcendentium et projectorum libri II. Flor. 1641. 4.

h) De motu naturali gravium fluidorum ac ſolidorum. Genuae 1646. 4.

i) Mundus ſubterraneus. Amſtel. 1665. fol. T. I. lib. I. ſect. 3. cap. 2.

k) Balliſtica et acontiſmologia. Pariſ. 1644. 4. prop. XV.

l) Almageſti novi pars prior. Bonon. 1651. fol. lib. II. cap. XX.

men, als jener, beſitze; jedoch leitet er die kleinere Verzögerung des letztern ganz richtig davon ab, daß ihm die Luft ſtärker widerſtehe: Merſenne nahm zuerſt ein 12 Fuß langes Pendel und beobachtete, daß es zum Herabſinken in einem Quadranten eine halbe Minute oder 30 Sekunden Zeit, und zum Aufſteigen in den andern Quadranten ebenfalls 30 Sekunden Zeit erfordere, ſo daß alſo das Pendel ſeinen ganzen Schwung durch einen Halbkreis in einer Minute vollendete. Nachher nahm er ein Pendel, deſſen Länge den vierten Theil des vorigen ausmachte, mithin 3 Fuß lang war. Bey dieſem lehrte ihn die Erfahrung, daß es ſeinen ganzen Schwung durch einen Halbkreis in einer Sekunde Zeit vollendete, daß ſeine Schwünge ſchneller von ſtatten giengen als die des größern Pendels, und daß ſich die Längen dieſer beyden Pendel wie die Quadrate der Zeiten verhielten, in welchen ſie ihre Schwünge vollendeten. Es war alſo das Verhältniß der Zeiten dem Verhältniſſe der Quadratwurzeln der Längen der Pendel oder ihrer Schwünge gleich, wie auch ſchon Galilei gefunden hatte. Merſenne, Baliani und viele andere glaubten aber eine ſehr große Schwierigkeit darinn zu finden, ob die Geſchwindigkeit des Pendels beym Aufſteigen in eben den Graden vermindert werde, in welchen ſie beym Herabfallen deſſelben zunehme. Merſenne meint, dieſe Schwierigkeit könne nicht anders gehoben werden, als durch Pendeln von 20 bis 30 Toiſen Länge, welche in einem Momente von gleicher Höhe herabfielen; an ſolchen Pendeln würde man nämlich augenſcheinlich ſehen, ob ſie im gleichen Momente wieder zurückzufallen anfiengen, oder nicht. — Man ſieht hieraus, was für unrichtige Begriffe Merſenne noch von der Schwere hatte. — Dieſe Schwierig-

keit fällt weg, wenn man die Sache ſo betrachtet, wie bereits Alphonſus Borellus [m]) ſehr ſchön angeführt hat. Würde nämlich, ſagt er, ein ſchwerer Körper (fig. 42.) b mittelſt eines Fadens oder einer Stange ab an einem Punkte a ſo befeſtiget, daß er ſich um dieſen frey drehen könne, ſo ſey für ſich klar, daß er in der vertikalen Lage ab ruhig bleibe. Erhalte aber der Körper b in dieſer Lage einen Stoß in horizontaler Richtung, ſo würde er ſich auch gleichförmig in ſelbiger fortbewegen müſſen, wofern ihn nicht der Faden ab in jedem Augenblicke von dieſer Richtung ablenkte, ſo daß er gezwungen werde, den Kreisbogen bc zu beſchreiben. Von dem Momente an aber, da der Körper b den Kreisbogen bc aufwärts zu durchlaufen anfange, werde die dem Körper durch den Stoß mitgetheilte Bewegung durch die Kraft der Schwere unaufhörlich vermindert, bis er ſelbige in c gänzlich verlohren habe; da aber die Schwere ſtetig fortwirke, ſo ſinke er auch mit gleichförmig beſchleunigter Bewegung in den Bogen cb wieder herab, erlange in b ſeine größte Geſchwindigkeit, und fange nun mit dieſer in dem Bogen cd wieder aufzuſteigen an; allein durch die Gegenwirkung der Schwere werde dieſe Geſchwindigkeit in eben dem Grade wieder vermindert, als ſie beym Herabfallen von cb vermehrt ſey, mithin müſſe er einen eben ſo großen Bogen db = bc in gleicher Zeit beſchreiben. Hierauf falle aber der Körper von d nach b wieder zurück, und ſteige aus eben dem Grunde bis c wieder auf u. ſ. f. ſo daß er unaufhörlich die hin- und herſchwingende Bewegung fortſetzen würde, wenn nicht äußere Hinderniſſe entgegen ſtehen.

Eine

m) De vi repercuſſionis. Lugd. Batav. 1686. 4. cap. XXX. prop. 91.

Eine andere noch größere Schwierigkeit fand Merſenne [n]) bey der Vergleichung der Pendelbewegung mit dem freyen ſenkrechten Falle, ſo wie ſie auch Baliani angeführt hat. Merſenne ließ nämlich das drey Fuß lange Pendel (fig. 43.) ca in den Quadranten ba, zu gleicher Zeit aber auch eine andere Kugel, welche der Kugel a gleich war, von b frei in der lothrechten Richtung be herabfallen. Er wußte, wie auch bereits Galilei gelehrt hatte, daß ein Pendel einen Quadranten in kürzerer Zeit durchlaufe, als ſeine Sehne, wiewol er jene Zeit nicht genau beſtimmen konnte. Wenn aber die Kugel a von der Sehne ba frey herabrolle, ſo müſſe auch die ſenkrecht herabfallende Kugel in eben der Zeit den Weg be = 2. ca durchlaufen haben. Daraus folgt alſo, daß die ſenkrecht herabfallende Kugel in der Zeit, in welcher das Pendel von 3 Fuß Länge den Quadranten ba durchläuft, den Weg von 6 Fuß Länge nicht durchlaufen könne. Merſenne war jedoch nicht vermögend, die Länge dieſes Weges entweder durch Verſuche oder Vergleichungsweiſe genau zu beſtimmen; indeſſen glaubte er ihn nach ſeinen Verſuchen ohngefähr auf 5 Fuß zu ſchätzen. Da nun die Zeitdauer des halben Schwunges ba eine halbe Sekunde, und die des andern halben Schwunges af ebenfalls eine halbe Sekunde betrug, ſo würde hiernach binnen der Zeit einer Sekunde oder des ganzen Schwunges baf die Kugel beym freyen ſenkrechten Falle vermöge der bekannten galileiſchen Geſetze einen Weg von 20 Fuß zurückgelegt haben. Aus vielfältig angeſtellten Verſuchen hatte aber Merſenne gefunden, daß frey herabfallende Körper in einer Sekunde Zeit

n) Reflexiones phyſico-mathematicae. cap. XIX. p. 152. ſqq.

Zeit nur einen Weg von 12 Fuß durchlaufen; daher mußte eine ſo große Verſchiedenheit ſehr auffallend und faſt unbegreiflich ſeyn, und eben hierinn lag ein anderer Grund, warum Baliani den galileiſchen Satz, daß ſich beym freyen Falle die Zunahme der Geſchwindigkeiten wie die Zeiten verhalte, beſtritt. Ja ſelbſt Merſenne wurde beynahe dadurch verleitet zu glauben, die zurückgelegten Wege der fallenden Körper wären nicht im Verhältniſſe der Quadrate der Zeiten. — Allein dieſe Verſuche ſind bey weitem nicht genau genug, um ſichere Reſultate daraus zu erwarten, wie bald mit mehreren erhellen wird. —

Daß das Pendel ein vorzügliches Mittel abgeben könne, die Zeit damit zu meſſen, hatte ſchon Galilei bemerkt. Nach der Zeit aber haben ſich verſchiedene Mathematiker und Phyſiker noch größere und ſorgfältigere Mühe gegeben, das Pendel zu dieſem Zwecke einzurichten. Es kam hierbey vorzüglich darauf an, die Länge eines ſolchen Pendels, welches den ganzen Schwung in einer Sekunde verrichtet, genau zu finden. Gewöhnlich heißt auch ein ſolches Pendel ein Sekundenpendel. Diejenigen, welche ſich mit dieſer Unterſuchung beſchäftigten, haben jedoch die dazu erforderlichen Maaße nicht allemal beſtimmt genug angegeben. Merſenne erfordert zum Sekundenpendel vermöge der Verſuche ein Gewicht von 8 Pariſ. Unzen und eine Länge von 3 Pariſ. Fuß, dagegen hierzu Kircher einen Stab Eiſen von 3½ Fuß ohne angehängtes Gewicht verlangt. Riccioli aber, welcher beſonders mit vieler Genauigkeit theils durch Rechnung und theils durch Verſuche zu Werke gieng, gab für ein genaues Sekundenpendel folgende Maaße an: die Kugel ſoll 20 Unzen, und die daran befindliche

liche Kette $2\frac{2}{3}$ Unzen wiegen und eine Länge von 3,927 alt. Römiſch. Fuße beſitzen. Die einzige Uebequemlichkeit, welche beym Gebrauche des Pendels zur Beſtimmung der Zeit obwaltete, war dieſe, daß die Schwünge nach und nach immer kleiner wurden, zuletzt gar aufhörten, und alsdenn wieder erneuert werden mußten. Um nun dieſer ſehr großen Unbequemlichkeit abzuhelfen, hatte Huygens den vortrefflichen Gedanken, das Pendel ſelbſt durch ein Uhrwerk in gleich großen Schwüngen zu erhalten. Ueberhaupt erhielt die Lehre der Pendelbewegung durch dieſen großen Geometer eine ganz andere Geſtalt. Seine Entdeckungen hierinn ſind wichtig, und verdienen einer ausführlichen Erwähnung, beſonders da hierdurch über die Schwere der Erdkörper ein ſo großes Licht verbreitet wurde. Die Anwendung der Pendel auf Uhrwerke war ſeit dem Jahre 1656 ſeine Hauptbeſchäftigung, und ſeine Unterſuchungen darüber fielen ſo glücklich aus, daß er im Stande war, ſeine Theorie mit der Anwendung der Pendel unter dem Titel: horologium oſcillatorium ſive de motu pendulorum ad horologia aptato demonſtrationes geometricae. Pariſ. 1673. fol. bekannt zu machen.

Ein einfaches Pendel (pendulum ſimplex) nennt Huygens ein ſolches, welches man ſich als eine unbiegſame nicht ſchwere gerade Linie gedenket und an deren Ende die ganze ſchwere Maſſe in einem einzigen Punkte vereint vorſtellt; ein zuſammengeſetztes Pendel (pendulum compoſitum) hingegen dasjenige, bey welchem an mehreren Stellen des Fadens ſchwere Maſſen hängen, oder wenn die Stange ſelbſt ſchwer iſt, an welcher folglich in allen ihren Stellen ſchwere Elemente zu finden ſind,

die

die von dem Aufhängungspunkte ungleich weit abſtehen. Huygens hatte aber durch ſeine vortreſſlichen Unterſuchungen gefunden, daß es in jedem zuſammengeſetzten Pendel einen Punkt geben müſſe, in welchem alle Maſſe deſſelben vereint nach eben den Geſetzen ſchwingen würde, nach welchen ſie im zuſammengeſetzten Pendel ſelbſt ſchwingt. Dieſer Punkt heißt der Mittelpunkt des Schwunges (centrum oſcillationis), von deſſen Geſchichte nachher. Durch die Einführung der Lehre vom Mittelpunkte des Schwunges erhielt Huygens den Vortheil, ein jedes zuſammengeſetztes Pendel als ein einfaches zu betrachten, deſſen Länge ſich vom Aufhängungspunkte bis zum Mittelpunkte des Schwunges erſtreckt, und auf ſolche Art die ganze Theorie der Pendel auf die Betrachtung einfacher Pendel zurück zu bringen.

Zuerſt beweißt Huygens die vom Galilei entdeckten Geſetze des freyen Falles der Körper, dieſe mögen entweder ſenkrecht herabfallen, oder von ſchieſen Ebenen herabſinken, oder Kreisbogen oder auch Curven von anderer Natur durchlaufen. In allen dieſen Fällen beweißt er, daß die Körper auf die nämliche Höhe wieder ſteigen müſſen, von welcher ſie frey herabgeſunken ſind, wenn ſie mit der an der unterſten Stelle durch den freyen Fall erlangten Geſchwindigkeit wieder in die Höhe ſteigen. Beſonders unterſuchte er den Fall der Körper durch die merkwürdige Curve, welche die Cykloide oder Radlinie genennt wird. Dieſe Curve wird nämlich (fig. 44.) von einem jeden Punkte eines Kreiſes beſchrieben, welcher auf der geraden Linie ba hinrollt. Sie hat den Nahmen Radlinie daher erhalten, weil ein jeder Nagel am Rade durch deſſen Umlaufe eine ſolche Linie bezeich-

bezeichnet. Gerade zu der Zeit, da Huygens ſich mit der Anwendung der Pendel auf Uhrwerke beſchäftigte, hatte der junge Pascal neue Aufgaben zur Auflöſung den Mathematikern über die Cykloide vorgelegt, womit ſich ebenfalls Huygens beſchäftigte, und die beyden merkwürdigen Eigenſchaften dieſer Curve fand, daß ſie durch ihre Abwickelung wieder entſteht, und daß der Fall in ſelbiger durch große oder kleine Bogen von gleicher Zeitdauer ſind; dieſer letzten Eigenſchaft wegen wird die Radlinie die Linie von einerley Zeit des Falles (linea tautochrona) genannt. Daraus bewieß Huygens, daß ſich die Zeit des Falles durch die Radlinie fd bis zur unterſten Stelle d zur Zeit des ſenkrechten Falles durch ihre Axe cd verhalte, wie die halbe Peripherie ged zum Durchmeſſer gd (Part. II. prop. XXV.). Da nun das einfache Pendel genau in denſelben Umſtänden ſich befindet, wie die fallenden Körper auf vorgeſchriebenen Wegen, ſo mußte nothwendig daraus folgen, daß die Schwünge durch große oder kleine Bogen in der Cykloide gleichzeitig ſind.

Bey der Pendelbewegung im Kreiſe verſteht Huygens überhaupt unter Oſcillationen ſolche Schwünge, die man jetzt einfache oder halbe Schwünge nennt, oder die einmalige Bewegung des Pendels durch den Bogen (fig. 42.) cbd. Es war ihm nicht unbekannt, daß gleich lange Pendel zur Vollendung ungleicher Kreisbogen verſchiedene Zeiten gebrauchten, und daß nur alsdenn ihre Schwünge gleichzeitig ſind, wenn ſie dieſelben in unendlich kleinen Bogen verrichten. Da er nun bewieſen hatte, daß ſich die Zeitdauer eines Schwunges in der Cykloide zur Zeitdauer des freyen Falles durch ihre Axe eben

ſo

ſo verhalte, wie die Peripherie zum Durchmeſſer, und alle Schwünge in der Cykloide gleichzeitig ſind, ſo leitete er hieraus dieß neue Geſetz der Pendelbewegung im Kreiſe ab: die Zeitdauer eines unendlich kleinen Schwunges verhält ſich zur Zeitdauer des freyen Falles durch die gedoppelte Länge des Pendels, wie die Peripherie zum Durchmeſſer. Uebrigens war Huygens ebenfalls nicht im Stande, die Zeit zu beſtimmen, welche ein Pendel gebraucht, um einen Quadranten zu durchlaufen. Huygens hatte alſo doch wenigſtens die bereits von Galilei entdeckten und oben angeführten Geſetze (S. 70.) der Pendelbewegung im Kreiſe mit einem neuen eben angeführten Geſetze bereichert. Dieſes Geſetz hob aber alle Schwierigkeiten, welche der P. Merſenne und andere bey der Vergleichung des ſenkrechten freyen Falles mit dem Falle der Pendel zu finden glaubten, und daher ſogar zweifelten, daß ſich die durch den Fall zurückgelegten Wege wie die Quadrate der Zeiten verhielten. Huygens fand nämlich aus Verſuchen die Länge des Sekundenpendels $440\frac{1}{2}$ Pariſer Linien oder 3 Fuß 0 Zoll $8\frac{1}{2}$ Linien; jedoch führt er nicht umſtändlich an, wie und wo er dieſe Länge gefunden habe. Hieraus berechnet er nun weitläuftig mit Hülfe dieſes eben angeführten Geſetzes und mit Gebrauch des Verhältniſſes 113 : 355, als das Verhältniß des Durchmeſſers zur Peripherie, die Fallhöhe der Körper, und findet dieſe, wie er ſich ausdrückt, proxime pedum 15 et unciae unius. Er verſichert, daß dieſe Rechnung mit ſeinen ſehr genauen Verſuchen aufs pünktlichſte zutreffe. Die zur Prüfung dieſer berechneten Größe angeſtellten Verſuche waren dieſe: er ließ ein Stück Bley in dem Augenblicke fallen, da er das Sekun-

dem-

denpendel loß ließ, und maß die Höhe des Falles (part. IV. propoſ. XXV.). Hierdurch ward nun unwiderſprechlich bewieſen, daß Gallilei's Geſetze vom freyen Falle der Körper ihre völlige Richtigkeit haben. Huygens ſchlug die gefundene Länge des Sekundenpendels zum allgemeinen Fußmaaße vor, weil die Sekunde der mittleren Sonnenzeit ein überall gleiches und von der Natur ſelbſt beſtimmtes Zeitmaas iſt. Er nannte daher ihren dritten Theil den Stundenfuß (pes horarius). Er war in der Meynung, man werde an allen Orten der Erde das Sekundenpendel gleich lang finden, und andere Maaße ſehr leicht auf dieſes allgemeine Fußmaas bringen können, wenn man Pendel von bekannter Länge in einer beſtimmten Zeit ſchwingen ließe, und ihre Schwünge zählte. Alsdenn müßte ſich das Quadrat der Sekundenzahl dieſer beſtimmten Zeit zum Quadrate der Schwingungsanzahl verhalten, wie $\frac{1}{3}$ der Länge des Pendels zum Stundenfuße, woraus man das Verhältniß des an jedem Orte eingeführten Maaßes zum Stundenmaaße erhalte. Der Pariſer Fuß verhielt ſich zu ihm wie 864 : 881. Allein Huygens wußte noch nicht, daß das Sekundenpendel an verſchiedenen Orten der Erde ungleich lang seyn müſſe, wie man bald nachher fand; daher ward durch dieſen Umſtand die vermeinte Entdeckung vereitelt.

Noch wichtiger war die von Huygens gemachte Erfindung vom Mittelpunkte des Schwunges. Durch dieſe Lehre erhielt man das vortreffliche Mittel, ein jedes zuſammengeſetztes Pendel auf ein einfaches zu bringen. Schon im Jahre 1646 hat der P. Merſenne, welcher mit den größten damaligen Gelehrten in Verbindung ſtand, die Aufgabe von den

Schwingungen zuſammengeſetzter Pendel von beſtimmter Figur den Mathematikern zur Auflöſung vorgelegt, und hierzu beſonders Descartes, Roberval und den damals noch jungen Huygens aufgefordert. Die Mechanik war aber zu dieſer Zeit noch nicht ſo weit entwickelt, ſie allgemein aufzulöſen. Indeſſen haben doch Carteſius und Roberval Auflöſungen für einzelne Fälle gegeben, welche von einander verſchieden waren. Man findet ſie in den Briefen des Carteſius o). Beyde, Carteſius und Roberval, geriethen darüber in einen heftigen Streit, worinn aber beyde Unrecht hatten. Sie fanden nämlich eigentlich nur den Mittelpunkt des Stoßes, welcher in dieſen Fällen zufälliger Weiſe mit dem Mittelpunkte des Schwunges einerley iſt. Endlich aber nahm Huygens die Lehre vom Schwingungspunkte von neuem wieder vor, und er war ſo glücklich, ſie richtig zu entwickeln. Er gründete ſeine Theorie auf den Satz, daß der gemeinſchaftliche Schwerpunkt einzelner mit einander verbundener Maſſen nicht höher wieder ſteigen könne, als er durch den Fall derſelben herabgeſunken war, welchen Satz man gewöhnlich den Grundſatz der aufſteigenden Kräfte nennt (Part. IV. hypoth.). Um ſich hievon einen recht deutlichen Begriff zu machen, ſetze man (fig 45.) a b ſey eine gerade unbiegſame nicht ſchwere Linie, an welcher die drey Gewichte h, g, b befeſtigt ſind, ſo ſtellt nun dieſe Verbindung ein zuſammengeſetztes Pendel vor, welches um den Punkt a ſich drehet. Für dieſe drey Gewichte muß es nun einen gemeinſchaftlichen Schwerpunkt e geben; wenn alſo das Pendel bis c, mithin der gemeinſchaftliche Schwer-

o) Epiſtolar. pars III. epiſt. LXXVII - LXXXV.

Schwerpunkt bis d erhoben wird, ſo wird auch dieſer beym Herabſinken in der vertikalen Lage in e eine Kraft erlangt haben, mit welcher er in den Bogen ef gerade wieder ſo hoch ſteigt, als er von d herabgeſunken war, und es iſt auch hier e der Mittelpunkt des Schwunges. Man kann daher das zuſammengeſetzte Pendel als ein einfaches von der Länge ae betrachten, welches mit dem zuſammengeſetzten gleichzeitig ſchwingt. Es kömmt alſo nur darauf an, den Mittelpunkt des Schwunges oder die Entfernung ae vom Aufhängungspunkte des mit dem zuſammengeſetzten Pendel gleichgültigen einfachen Pendels zu finden. Huygens Unterſuchungen gaben ihm folgende allgemeine Regel:

Man multiplicire ein jedes Gewicht mit dem Quadrate ſeiner Entfernung vom Umdrehungspunkte, und addire alle dieſe Produkte; hierauf multiplicire man noch einmal ein jedes Gewicht mit ſeiner einfachen Entfernung vom Umdrehungspunkte, und addire auch dieſe Produkte; endlich dividire man dieſe letzte Summe in erſtere; der Quotient giebt den Abſtand des Mittelpunktes des Schwunges vom Aufhängungspunkte an. (Part. IV. prop. V.)

Setzt man alſo die Gewichte b, g, h = p, q, t, ſo findet man die erſtere Summe $= p.\ ab^2 + q.\ ag^2 + t.\ ha^2$, und die andere Summe $= p.\ ab + q.\ ag + t.\ ah$, folglich

$$ae = \frac{p.\ ab^2 + q.\ ag^2 + t.\ ah^2}{p.\ ab + q.\ ag + t.\ ah}$$

Das Produkt aus dem Gewichte in das Quadrat der Entfernung vom Umdrehungspunkte nennt man auch

das Moment der Trägheit, und das Produkt aus dem Gewichte in die einfache Entfernung das ſtatiſche Moment, mithin ließe ſich dieſe Regel auch kurz ſo ausdrücken:

Man dividire das geſämmte Moment der Trägheit des Pendels für den Punkt a durch ſein ſtatiſches Moment für eben den Punkt, ſo giebt der Quotient den geſuchten Abſtand vom Mittelpunkte des Schwunges.

Aus dieſer allgemeinen Regel ſucht nun Huygens die Schwingungspunkte für Flächen und Körper, theils geometriſch, theils analytiſch. Weil zu damaliger Zeit die hiezu ſehr brauchbaren Hülfsmittel der höhern Rechenkunſt noch nicht erfunden waren, ſo mußten natürlich dieſe Beſtimmungen durch weitläuftige Wege geſchehen. Um ſich nur einen kleinen Begriff davon zu machen, ſetze man (fig. 46.) a g die Axe einer prismatiſchen oder cylindriſchen Stange, welche alſo in allen ihren Punkten ſchwere Theile beſitzet, die von dem Aufhängungspunkte a in verſchiedenen Weiten abſtehen. Um nun das geſammte Moment der Trägheit und das ſtatiſche Moment zu finden, ſtellte ſich Huygens vor, die ganze Stange ſey nach ihrer Länge durch darauf ſenkrechte Ebenen in unendlich kleine Schichten getheilt. In der Axe aller dieſer Schichten werden nun vermöge ſeiner Beweiſe die Schwerpunkte liegen, mithin können die Gewichte der Schichten als Gewichte der dazu gehörigen Punkte in der Axe angeſehen werden. Hierauf mußte er nun erſt die Momente aller dieſer Gewichte ſehr mühſam beſtimmen. Noch mühſamer fiel dieſe Unterſuchung aus, wenn an der Stange unten bei g

ein

ein anderer Körper befeſtigt iſt. Jedoch würde ſie dadurch etwas erleichtert, wenn der Körper egf eine ſolche Geſtalt hat und von der Eigenſchaft iſt, daß er durch wagrechte Ebenen in Schichten getheilt werden kann, welche ihre Schwerpunkte in der verlängerten Axe ag haben. Beſteht das Pendel nur aus einer einzigen cylindriſchen oder prismatiſchen Stange $ag = \lambda$, ſo fand Huygens den Mittelpunkt des Schwunges vom Umdrehungspunkte $= \frac{2}{3}\lambda$ oder zwey Drittheil von der ganzen Länge der Stange. Wenn z. B. die ganze Länge des Pendels 870 Linien iſt, ſo wäre die Länge des geſuchten gleichgültigen einfachen Pendels $= \frac{2}{3}.\ 870 = 580$ Linien. Beſitzt aber die Stange noch, wie gewöhnlich, einen kleinen Körper, ſo ſetze man das Gewicht deſſelben $= q$, und das Gewicht der Stange $= p$, und ihre Länge $= \lambda$, ſo wird das geſammte Moment der Trägheit $= (\frac{1}{3}p + q)\lambda^2$, und das ſtatiſche Moment $= (\frac{1}{2}p + q)\lambda$, mithin die Entfernung des Umdrehungspunktes vom Mittelpunkte des Schwunges

$$= \frac{(\frac{1}{3}p + q)\lambda^2}{(\frac{1}{2}p + q)\lambda} = \frac{\frac{1}{3}p + q}{\frac{1}{2}p + q}.\lambda \text{ (par. IV. prop. XXIII.)}$$

Exemp. Wäre das Gewicht der Stange $= 18$ Loth $= p$, das Gewicht des angehängten Körpers $= 6$ Loth $= q$, und die Länge des Pendels $= 480$ Linien $= \lambda$, ſo iſt die geſuchte Länge des gleichgültigen einfachen Pendels

$$= \frac{6 + 6}{9 + 6}.\ 480 = \frac{4}{5}.\ 480 = 384 \text{ Linien.}$$

Durch die Anwendung der Lehre des Pendels auf Uhrwerke endlich hat Huygens ſeinen Nahmen unſterblich gemacht. Dieſe ſo wichtige Erfindung machte

te er im Jahre 1656, und ſeine Ausführung war eben ſo glücklich als ſeine Theorie. Sie iſt ſeitdem unter dem Nahmen der Pendeluhren allgemein bekannt, und bey genauen Beobachtungen der Naturerſcheinungen ſowohl als auch zur Beſtimmung der Zeit im bürgerlichen Leben unentbehrlich geworden. Durch den glücklichen Gedanken, die Pendel auf Uhrwerke anzuwenden, waren auf einmal alle die Schwierigkeiten, die ſonſt beym Gebrauche der Pendel zur Beſtimmung der Zeit obwalteten, gehoben, indem der Trieb des Uhrwerkes die Bewegung des Pendels ununterbrochen erneuert, und die gleichen Schwünge des letztern verurſachen, daß die Uhr einen beſtändig gleichförmigen Gang machen müſſe. Huygens nahm zum Pendel eine eiſerne Stange mit einem Gewichte, wovon das obere Ende an einer Spindel mit zwey ſtählernen Lappen oder Blättchen befeſtigt iſt. Durch die Schwünge der Stange werden die Lappen wechſelsweiſe hin und her gewendet, und fallen zwiſchen die Zähne des letzten Uhrrades ſo ein, daß ſie bey jedem Schwunge nicht mehr, als einen einzigen Zahn des Rades, fortgehen laſſen. Es muß alſo das ganze Uhrwerk eben ſo gleichförmig, wie das Pendel ſelbſt, fortgehen. Außerdem ſchlagen auch die Zähne, welche von dem Gewichte oder der Feder in der Uhr fortgetrieben werden, gegen die Lappen der Spindel an, und theilen dadurch dem Pendel ſelbſt ſo viele neue Bewegung mit, als es durch den Widerſtand der Luft von Zeit zu Zeit verliehrt.

Huygens blieb aber bey dieſer erſten Anwendung nicht ſtehen; er befürchtete nämlich, es möchte beynahe unmöglich ſeyn, alles ſo genau zu bearbeiten, daß das Pendel nicht zuweilen durch größere

oder kleinere Bogen gehen ſollte, welches dem gleichförmigen Gange der Uhr ſchädlich ſeyn möchte. Die von ihm entdeckten Eigenſchaften der Radlinie lehrten ihn, daß die Größe der Bogen gleichförmig ſeyn werde, wenn das Gewicht des Pendels Theile einer Cykloide durchliefe, und daß dieß erfolge müſſe, wenn ſich der Faden, an welchem das Gewicht hängt, von einem cykloidaliſch geformten Bleche abwickelte. Er that daher den Vorſchlag, das Gewicht (fig. 44.) i am Faden hi zwiſchen den cykloidaliſchen Blechen hl und hm herabhangen zu laſſen, damit ſich der Faden beym Schwunge an dieſe Bleche anlege, und im Herabfallen davon abwickele. Auf ſolche Art wird der Weg ik des Gewichtes i die Evolute einer Cykloide d. h. ein Theil eben derſelben Cykloide ſeyn, nach welcher hm und hn geſtaltet iſt. (Pars I.) — Dieſer Huygensſche Vorſchlag iſt jedoch für die Ausübung unbrauchbar geblieben. Denn der Vortheil, welchen Huygens davon erwartete, ward durch die Schwierigkeit, den Blechen eine ſo genaue cykloidaliſche Form zu geben, und durch die Steife der Fäden vereitelt. Auch hat nachher die Erfahrung gelehrt, daß ſie ganz entbehrlich ſind, da die Erfindung der Pendeluhren immer mehr vervollkommnet wurde.

Durch die Unterſuchungen in der Lehre vom Pendel wurde Huygens auf eine ganz neue Lehre geleitet, welche mit den Schwingungen der Pendel im Kreiſe ſo viele Aehnlichkeit hat, ich meine ſeine wichtigen Geſetze von der ſogenannten Centrifugalkraft, Fliehkraft oder Schwungkraft der im Kreiſe ſchwingenden Körper. Dieſe Geſetze hat er ſeinem angeführten Werke, jedoch ohne Beweis, angehängt. In der nach ſeinem Tode erſchienenen Samm-

lung aber [p]) werden ſie mit den Beweiſen zugleich in einer eigenen Abhandlung unter dem Titel: de vi centrifuga, vorgetragen, wobey er zugleich Anwendungen dieſer Sätze auf beſondere Arten der Schwungbewegung beygefügt hat. Seine hiebey gebrauchten ſynthetiſchen Beweiſe ſind freylich etwas weitläuftig, und ich werde nur ein Paar zur Probe ins Kurze gezogen beybringen, beſonders da alle dieſe Sätze in der Folge noch einmal als nothwendige Folgen aus den Geſetzen der Centralbewegung auf dem entdeckten Wege der Analyſe angeführt werden müſſen. Wenn Huygens, ein Mann von ſeltenem Geiſte, welchem faſt alle Fächer der Naturlehre Entdeckungen zu verdanken haben, den Einfall gehabt hätte, dieſe ſeine Lehrſätze von der Centrifugalkraft mit ſeinen ſchönen Unterſuchungen über die Evoluten und mit den kepleriſchen Geſetzen zu verbinden, ſo würde er gewiß ſeine Theorie von den krummlinichten Bewegungen, und die von der allgemeinen Schwere zu dem Grade erhoben haben, zu welchem ſie in der Folge Newton brachte. Aber in Herbeyſchaffung der nöthigen Materialien zur Aufführung des Gebäudes beſtehen die Entdeckungen.

Wenn eine Kugel oder irgend ein anderer Körper um einen gewiſſen feſten Punkt an einem Faden oder Stabe durch eine Kraft zur Bewegung angetrieben wird, ſo muß ſeine Bahn, die er durchläuft, ein völliger Kreis ſeyn, wie z. B. wenn ein frey herabhangendes Pendel einen ſolchen Stoß erhält, daß es ſich völlig um ſeinen Aufhängungspunkt drehen muß. Nähme man die Kraft, welche den Körper im Kreiſe her-

p) Opuſcula poſthum. Lugd. Batav. 1703. 4. p. 401. ſqq.

herumtreibt, in dem Mittelpunkte ſelbſt an, wie z. B. ein Stein durch die Hand im Kreiſe geſchwungen wird, ſo wird der Körper dadurch eine Kraft erlangen, mit welcher er in jedem Punkte ſeiner Bahn in der Richtung der Tangente entfliehen würde, wenn ihn nicht der Faden oder der Stab, woran der feſte Körper befeſtigt iſt, zurück hielte, und eben dieſe Kraft heißt die Centrifugalkraft, Fliehkraft oder Schwungkraft.

Bleibt die Kraft im Mittelpunkte ſich beſtändig gleich, ſo wird auch der Körper in gleichen Zeiten gleiche Bogen durchlaufen, und die Bewegung wird folglich gleichförmig ſeyn. Geſetzt alſo, der Körper durchlaufe in dem erſten Zeittheilchen (fig. 47.) den Bogen ae, ſo wird er im andern dem vorigen gleichen Zeittheilchen den Bogen ek = ae, im dritten den Bogen kg = ek = ae u. ſ. f. zurücklegen. Würde hingegen der angetriebene Körper gleich von der Stelle a an von dem Faden ca nicht mehr gehalten, ſo müßte er nun in der Tangente db ſich gleichförmig fort bewegen. In einer gewiſſen Zeit würde er alſo in d ſeine vorige Entfernung ac von dem Punkte c in die Entfernung cd verändert oder ac = ec um ed vergrößert haben. Nimmt man nun den Bogen ae unendlich klein, ſo wird auch die Zeit, welche der Körper gebraucht, um den Bogen ae zu durchlaufen, unendlich klein ſeyn, und man kann daher ohne merklichen Fehler ſetzen, es werde auch der Körper in der nämlichen Zeit den Weg ed zurückgelegt haben, wenn er in a von dem Faden nicht mehr zurückgehalten würde. Es wird demnach der Körper in dem erſten Zeittheilchen ſeiner Kreisbewegung ſich von der Tangente ab um die Größe de entfernt

haben. Dieſer Betrachtung zu Folge wird ſich folglich der Körper in dem folgenden gleichen Zeittheilchen, während welchen er den Bogen ek zurücklegt, von der Tangente um die Größe kf, in dem dritten um die Größe gb u. ſ. f. entfernen. In dieſem Falle nun, da die Bogen ae = ek = kg u. ſ. f. unendlich klein angenommen werden, beweiſet Huygens, daß ſich die Größen ed, kf, gb u. ſ. f. wie die Quadrate 1, 4, 9 u. ſ. f. oder wie ad^2, af^2, ab^2 u. ſ. f. verhalten, d. h. wenn ſich der Körper, der im Kreiſe geſchwungen wird, in einem ſehr kleinen Zeittheile von der Tangente ab um 1 Fuß entfernt hätte, ſo müßte er ſich im andern Zeitheile um 4, im dritten um 9 Fuß u. ſ. f. davon entfernt haben. Daher, ſagt Huygens, wäre das Beſtreben einer Kugel, welche von einer beſtändig im Mittelpunkte wirkenden Kraft zur Kreisbewegung angetrieben würde, zu entfliehen ſo groß, als wenn ſie in einer geraden Linie, die aus dem Mittelpunkte durch die Kugel gezogen würde, mit gleichförmig beſchleunigter Bewegung, nach welcher die zurückgelegten Wege wie die ungeraden Zahlen 1, 5, 7, 9 u. ſ. f. zunehmen, fortgienge. Es ſey demnach dieſes Beſtreben völlig demjenigen ähnlich, nach welchem am Faden herabhängende Körper ſich dem Mittelpunkte der Erde zu nähern trachteten, und hieraus folgert nun Huygens, daß die Schwungkräfte zweyer in ungleichen Kreiſen mit gleichen Geſchwindigkeiten ſich bewegenden ungleichen Maſſen im Verhältniſſe ihrer Maſſen ſind. Denn ſo wie alle Körper ein gleiches Beſtreben hätten, ſich gegen den Mittelpunkt der Erde zu bewegen, eine deſto größere Maſſe aber ein deſto größeres Gewicht beſäße; eben ſo wäre der Erfolg in denjenigen Körpern, welche von dem Mittelpunkte eines Kreiſes zu entfliehen ſtrebten,

indem

indem das Beſtreben derſelben völlig demjenigen ähnlich wäre, welches von der Schwere abhange. Nach dieſer Vorausſetzung beweißt nun Huygens folgende Geſetze der Schwungbewegung im Kreiſe:

1. Wenn zwey gleiche Körper ihre Umläufe in verſchiedenen Kreiſen in gleichen Zeiten vollenden, ſo verhalten ſich ihre Schwungkräfte wie die Halbmeſſer ihrer Bahnen. Wären nämlich (fig. 47.) die beyden concentriſchen Kreisbogen ag und hl ſehr kleine ähnliche Bogen von den Kreiſen, welche die beyden gleichen Körper a und h in gleichen Zeiten durchlaufen, und ab und hi Tangenten an den Stellen a und h, ſo wird der Körper a, nachdem er den Bogen ag durchlaufen iſt, ein Beſtreben haben, mit der Größe der Kraft bg zu entfliehen, ſo wie der Körper h, der in eben der Zeit den Bogen hl zurückgelegt hat, ein Beſtreben beſitzt, mit der Größe der Kraft li zu entfliehen; demnach verhält ſich gb : li = ac : hc.

2. Wenn zwey gleiche Körper mit verſchiedenen Geſchwindigkeiten einen Kreis durchlaufen, ſo verhalten ſich die Schwungkräfte wie die Quadrate der Geſchwindigkeiten. Durchläuſt nämlich der eine Körper in einer gewiſſen Zeit den ſehr kleinen Bogen ag, und der andere in eben der Zeit den Bogen am, ſo wird der erſtere Körper in g ein Beſtreben beſitzen, mit der Kraft gb, und der andere eins mit der Kraft mo vom Mittelpunkte c zu entfliehen. Da nun die Bogen ag und am als ſehr klein angenommen worden ſind, ſo kann man das Verhältniß dieſer Bogen dem Verhältniſſe ihrer Tangenten gleich ſetzen, folglich

muß

muß auch $mo : gb = ao^2 : af^2 = am^2 : ag^2$ ſeyn.

3. Wenn zwey gleiche Körper in verſchiedenen Kreiſen mit gleichen Geſchwindigkeiten, folglich ungleichen Umlaufszeiten, ſich bewegen, ſo verhalten ſich die Schwungkräfte umgekehrt wie ihre Halbmeſſer. Durchläuft nämlich der eine Körper in einer gewiſſen Zeit den Bogen ag, und der andere in eben der Zeit den Bogen $hn = ag$, ſo nehme man an, ein dritter Körper durchlaufe in der nämlichen Zeit den Bogen hl, ſo hat man vermöge (1)

die Schwungk. des Körp. a: der des Körp. h $= ac : hc$,
und vermöge (2)
die Schwungk. des Körp. h: der des Körp n $= hl^2 : ag^2$
$= hc^2 : ac^2$ mithin
die Schwungk. des Körp. a: d. des Körp. n $= ac\, hc^2 : hc . ac^2$
$= hc : ac$

4. Wenn zwey gleiche Körper mit gleichen Schwungkräften in ungleichen Kreiſen herum geführt werden, ſo verhalten ſich die Umlaufszeiten wie die Quadratwurzeln ihrer Halbmeſſer.

5. Wenn ein Körper in einem Kreiſe mit derjenigen Geſchwindigkeit herumgeführt wird, welche er durch den freyen Fall von der Höhe des vierten Theils des Durchmeſſers erhält, ſo iſt ſeine Schwungkraft gerade ſeiner Schwere gleich d. h. der Faden wird beym Schwüngen mit eben der Kraft gezogen, als es der ſenkrecht herabhangende Körper thut.

Nach-

Nachdem nun Huygens dieſe Geſetze der Schwungbewegung im Kreiſe aufgeſtellt hatte, ſo unterſucht er nun mehr als eine Anwendung derſelben, beſonders die ſogenannten koniſchen Schwünge. Wenn nämlich (fig. 48.) ein an einem Faden frey herabhangendes Pendel durch irgend eine Kraft in eine ſolche Bewegung verſetzt wird, daß es den Kreis df mit dem Horizonte parallel beſchreiben muß, ſo wird der Faden ad die Fläche eines Kegels beſchreiben, deſſen Axe ab iſt, und eben dieſe Schwünge werden koniſche Schwünge genennt. Huygens beweißt hiervon folgende Sätze.

1. Wenn zwey Körper an ungleich langen Fäden ad und ac um einerley Punkt a parallele koniſche Schwünge df und ce machen, ſo daß die beyden dadurch beſchriebenen Kegel einerley Axe ab haben, ſo werden die Umlaufszeiten, in welchen ſie ihre Kreiſe vollenden, gleich ſeyn.

2. Wenn die beyden Körper d und g die koniſchen Schwünge df und gh ſo vollenden, daß der Winkel daf gleich iſt, ſo verhalten ſich die Umlaufszeiten wie die Quadratwurzeln der Längen ad und ag.

3. Wenn hingegen die Winkel daf und gah verſchieden ſind, ſo verhalten ſich alsdenn die Umlaufszeiten wie die Quadratwurzeln der Axen ab und ai der Kegel, welche von den Fäden ad und ag beſchrieben werden.

4. Wenn die Fäden gleich lang, die Winkel daf und gah aber, wie im vorigen

Falle,

Falle, ungleich ſind, ſo verhalten ſich die Umlaufszeiten, wie die Quadratwurzeln aus den Coſinuſſen der gedachten Winkel.

5. Wenn der Winkel daf ſehr klein iſt, mithin der Körper d einen kleinen Schwung verrichtet, ſo iſt er in dem nämlichen Falle, wie ein gewöhnliches Pendel, das ſeinen kleinſten Schwung im Bogen verrichtet, mithin verhält ſich die Umlaufszeit zu der Zeit des freyen Falles aus der gedoppelten Länge des Pendels, wie die Peripherie des Kreiſes zu ſeinem Durchmeſſer.

6. Wenn ein Pendel ſeinen koniſchen Umlauf in eben der Zeit vollendet, als ein Pendel von der Länge des Halbmeſſers der Grundfläche des vom Pendel beſchriebenen Kegels ſeinen kleinſten Schwung vollendet, ſo iſt ſeine Schwungkraft ſeiner Schwere gleich.

7. Wenn zwey gleich ſchwere Pendeln an ungleich langen Fäden ad und ac koniſche Schwünge in Kegeln von gleicher Höhe ab machen, ſo ſind die Kräfte, mit welchen ſie die Fäden ſpannen, in dem Verhältniſſe der Längen ad und ac.

Endlich betrachtet auch Huygens noch denjenigen Fall, wo ein Körper im vertikalen Kreiſe geſchwungen wird. Zuerſt beweißt er dieſen Satz: Wenn man ein Pendel, das um 90° erhoben iſt, aus

aus der Ruhe fallen läßt, ſo wird die Kraft, womit der Faden an der unterſten Stelle geſpannt wird, dreymal ſo groß, als die Schwere werden. Endlich zeigt er, daß, wenn ein Körper den ganzen vertikalen Kreis durchlaufen ſoll, die Spannung des Fadens an der unterſten Stelle wenigſtens 6 mal ſo groß, als die Schwere des Körpers ſeyn müſſe.

Wurfbewegung.

Es iſt aus den obigen bekannt, daß Galilei der erſte war, welcher die Bewegung der geworfenen Körper richtig erklärte, und zugleich zeigte, daß die Bahn, welche ſie durchlaufen, paraboliſch ſey. Durch ſeinen Schüler Torricelli [q]) und den Franzoſen Merſenne [r]) wurde die Theorie der Wurfbewegung vollſtändiger entwickelt. Beyde bemüheten ſich, bey jeder Richtung des Wurfs nicht allein die Weite, ſondern auch die Größe der paraboliſchen Bahn zu beſtimmen, wenn die Kraft des Wurfs bekannt war. Auf ſolche Art haben ſie bey verſchiedenen Geſchützen in allen nur möglichen Richtungen die Bahnen der abgeſchoſſenen Kugeln, und ihre Schußweiten in Tabellen gebracht, auch von andern Arten des Wurfs, wie z. B. vom Abſchießen der Pfeile, wobey auch Merſenne beſonders die Kraft des geſpannten Bogens näher zu beſtimmen ſuchte, und von andern langſamern Wurfbewegungen, gehandelt. Nach der Zeit haben mehrere

q) De motu gravium naturaliter deſcendentium et projectorum libri II. Florent. 1641. 4.

r) Balliſtica et acontiſmologia. Paris. 1644. 4.

rere Mathematiker, als Athan. Kircher[s]), Borelli[t]), Dechales[u]) und andere mehr oder weniger die Lehre der Wurfbewegung vorgetragen; jedoch hätte man für ſie in dieſem Zeitraume noch keine Formeln zu finden gelehrt. Durch dieſe Theorie wurden die galileiſchen Geſetze des freyen Falles der Körper noch mehr beſtätiget. Ihre wirklichen Bahnen konnte man nämlich nur alsdenn finden, wenn man annahm, der geworfene Körper bewege ſich gleichförmig in der Richtung des Wurfs, werde aber von dieſer ſtetig durch die beſchleunigte Kraft der Schwere abgelenkt, ſo daß er dadurch gezwungen iſt, eine paraboliſche Bahn zu durchlaufen. Nur begieng man hiebey noch den Fehler, daß man ſich überredete, der Widerſtand der Luft ſey unbeträchtlich, und folglich die Theorie allein ſchon hinreichend. Uebrigens iſt zu verwundern, daß in dieſem Zeitraume kein einziger auf den Gedanken kam, ob auch wol die Bahn ſolcher Körper, welche außer unſerer Atmoſphäre durch irgend eine Kraft in einer Richtung fortgeſtoßen würden (als z. B. ein Körper im Monde oder der Mond ſelbſt), noch eine Parabel oder eine andere Curve ſey. Man hätte in der That ſehr leicht darauf verfallen können, da man ſchon ſeit Galilei's Zeiten Bewegungen ſolcher Körper betrachtete, welche von beträchtlichen Höhen über der angenommenen Horizontalfläche nach gewiſſen Richtungen hin geworfen wurden, und ſelbſt ſchon Galilei zu beſtimmen ſuchte, welche Zeit ein Körper gebrauche, wenn er von irgend einem

s) Mundus ſubterraneus. T. I. lib. I. cap. V.

t) De vi repercuſſionis et motionibus naturalibus a gravitate pendentibus. Lugd. Batav. 1686. 4. Cap. XXXIII.

u) Mundus mathematicus. T. II. ſtatica. lib. II. prop. XXX. ſqq.

einem Himmelskörper z. B. vom Monde oder von der Sonne u. ſ. w. gegen den Mittelpunkt unſerer Erde frey herabfalle. Daraus ſcheint wirklich zu erhellen, daß man ſchon damals die Idee hatte, die Schwere, die man an unſern Erdkörpern wahrnahm, könne ſich vielleicht bis zu den Himmelskörpern erſtrecken. Man findet aber nicht, daß man daraus das Geſetz der Gravitation zu beſtimmen geſucht hätte, welches in der That ſo leicht zu finden war. Denn da man durch die Erfahrung wußte, daß die zurückgelegten Wege des durch die Schwere bewirkten freyen Falles ſich wie die Quadrate der Zeiten verhielten, mithin die Schwere in eben dieſem Verhältniſſe zunahm, ſo hätte man daraus ſehr natürlich ſchließen können, daß die Schwere in gewiſſen Entfernungen von unſerer Erde in dem nämlichen Verhältniſſe abnehmen müſſe, als ſie durch den freyen Fall in dieſen Entfernungen zunahm. Man würde daraus offenbar gefunden haben, daß die Schwere im Verhältniſſe der Quadrate der Entfernungen von der Erde geringer werden müſſe. Ohne Zweifel aber wurden ſolche Betrachtungen durch die Streitigkeiten, welche über die Geſetze des freyen Falles der Körper geführt wurden, und die man beynahe in allen Schriften dieſes Zeitraumes erwähnt findet, verſpätet. Hätte man nun hiermit den Wurf der Körper in ſolchen Entfernungen von unſerer Erde verglichen, ſo würde man weit eher im Beſitze der Geſetze der Centralbewegungen gekommen ſeyn. Dieſe wichtige Entdeckung ward aber erſt einem Newton vorbehalten.

Stoß der Körper.

So gemein und bekannt die Wirkung und Mittheilung der Bewegung durch den Stoß auch war, ſo

hatte man doch die Unterſuchungen über dieſen Gegenſtand bis auf dieſen Zeitraum gänzlich vernachläſſiget. Schon Ariſtoteles hatte Druck und Stoß gar wohl von einander unterſchieden und die Frage berührt, woher es komme, daß ein ſehr großer Druck auf den Rücken eines Keils eine ſo geringe Wirkung gegen ein Stück Holz beſitze, da es doch oft nur durch einen geringen Hieb ſogleich geſpalten werde? Galilei, welcher dieß in ſeiner Mechanik ebenfalls anführt, ſchließt mit Recht daraus, daß die Kraft des Stoßes in Vergleichung mit der Kraft des Drucks unendlich ſey. Denn die Kraft des Stoßes wird einem ruhenden Körper in einem Augenblicke mitgetheilt, da im Gegentheil der Druck der Körper nie anders, als in endlicher Zeit wirkt; daraus folgt aber natürlich, daß die Kraft des Stoßes unendlich größer, als der Druck ſeyn müſſe. Indeſſen folgt daraus noch nicht, daß die Kraft des Stoßes an ſich unendlich ſeyn würde. Sie läßt ſich nur nicht durch ein ihr gleiches Gewicht ausdrucken, ob ſich wol ſolche Kräfte unter einander ſelbſt würden vergleichen laſſen. Auch Torricelli urtheilt von der Kraft des Stoßes gerade ſo, wie Galilei gelehrt hatte, in ein Paar akademiſchen Vorleſungen, welche nebſt andern ein Florentiner Edelmann Thomas Boneventura im Jahre 1715 unter dem Titel lectioni academiche *di Evangeliſta Torricelli* zu Florenz in 4. herausgab. Gleichwol kam der P. Merſenne x) auf den Gedanken, Unterſuchungen über die Kraft des Stoßes in Vergleichung mit Gewichten anzuſtellen, die er äußerſt ſchwer nennt. Um dieſe Kraft zu finden, ließ er einen

x) Tract. mech. theor. et pract. Paris. 1644. 4. prop. XXV. XXVI.

nen ſchweren Körper von verſchiedenen Höhen auf die Schaale einer beſonders dazu eingerichteten Wage herabfallen, und beſtimmte durch Gegengewichte die Größe dieſer Wirkung. Er glaubte ſie dem Produkte des Gewichtes des Körpers in ſeine Geſchwindigkeit gleich zu finden [y]). Hierdurch ward Merſenne bewogen, dieſes Produkt als ein allgemeines Kräftenmaas zu betrachten, wofür es auch Carteſius unter dem Nahmen der bewegenden Kraft annahm. Ueber dieſes allgemeine Kräftenmaas entſtand nachher ein großer Streit, welcher aber noch nicht in dieſem Zeitraum gehört.

Außer dieſem erwähnten beſondern Falle, welcher doch nur die Kraft des Stoßes betraf, hatte noch kein einziger an allgemeine Geſetze des Stoßes der Körper gedacht. Erſt Carteſius [z]) ſcheint bemerkt zu haben, daß es dergleichen geben müſſe, und gab ſich Mühe, ſelbige zu entdecken. Allein er war hierinn nicht glücklich. Seine Vorliebe gegen gewiſſe metaphyſiſche Begriffe verleitete ihn zu lauter Irrthümern. Die von ihm vorgetragenen Sätze des Stoßes gründen ſich auf folgende beyde bereits unter dem Artikel, Bewegung überhaupt, angeführten Grundſätze: 1. daß in der Welt beſtändig einerley Größe der Bewegung erhalten werde, und 2. daß ein jeder Körper an ſich eine Kraft beſitze, in ſeinem vorigen Zuſtande zu beharren, mithin zu ruhen, wenn

er

y) Novar. obſerv. phyſico-mathem. T. III. Paris. 1647. 4. reflexion. phyſic. mathem. Cap. VIII.

z) Principia philoſophiae. Pars II. prop. 46. ſqq.

er ruht, und in Bewegung zu bleiben, wenn er bewegt iſt. Der erſte Satz iſt aber im gewiſſen Sinne unrichtig, wie bald weiter erhellen wird, und der zwente Satz iſt ſo, wie ihn Carteſius genommen hat, ganz falſch. Er ſahe ein, daß Trägheit der Körper nicht vermögend ſey, einem ankommenden Körper Widerſtand zu leiſten, wie ſchon damals einige glaubten, und die nachherigen Phyſiker faſt allgemein als wahr angenommen haben. So ſchreibt er in einem Briefe an den P. Merſenne (epiſtol. P. II. epiſt. XCIV.), daß er zwar eingeſtehe, eine größere Maſſe werde von ein und der nämlichen Kraft langſamer als eine kleinere bewegt, allein unmöglich könne er zugeben, daß der Grund hievon in einem bloßen natürlichen Unvermögen oder in der Trägheit der Körper zu ſuchen ſey. Um aber doch einen Grund von der Mittheilung der Bewegung angeben zu können, nahm er den angeführten Satz an. Es iſt aber offenbar irrig, den Körper bloß dieſerwegen, daß er ruhe, eine Kraft beyzulegen, indem er zur Ruhe gar keine Kraft nöthig hat, ſondern ſchon deßwegen ruhet, weil er träge iſt. Außerdem wendet aber auch Carteſius dieſen Satz ganz unrichtig ſo an, daß er entgegengeſetzte Bewegungen nicht als entgegengeſetzte Zuſtände anſieht. Daher ſchreibt er dem bewegten Körper an ſich eine Kraft zu, ſeine Bewegung rückwärts fortzuſetzen, wenn ſie durch irgend ein Hinderniß aufgehalten worden iſt. Allein hiernach iſt es ſchwer zu begreifen, wie eine einzige Kraft auf eine gleiche Art nach gerade entgegengeſetzten Richtungen wirken könne, und überhaupt iſt es unmöglich, daß eine Bewegung ohne Ruhe in die entgegengeſetzte Bewegung übergehen könne. Daraus iſt es alſo begreiflich, daß die Aenderung der Bewegung in die entgegen-

gengeſetzte etwas mehr erfordert, als die bloße Unmöglichkeit, die vorige Bewegung weiter fortzuſetzen. — Carteſius leitet nun aus ſeinen angeführten Grundſätzen folgende Geſetze ab:

1. Wenn ſich zwey gleiche Körper mit gleichen Geſchwindigkeiten nach gerade entgegengeſetzten Richtungen bewegen, ſo gehen ſie mit eben der Geſchwindigkeit wieder zurück.

2. Iſt der Körper nur etwas weniges größer, als der andere, und beyde kommen mit gleichen Geſchwindigkeiten gegen einander, ſo geht nur der kleinere zurück, und beyde bewegen ſich mit gleichen Geſchwindigkeiten fort.

3. Wenn ferner zwey gleiche Körper mit ungleichen Geſchwindigkeiten ſich begegnen, ſo geht nur der langſamere zurück, und beyde bewegen ſich nur mit der halben Summe ihrer vorigen Geſchwindigkeiten fort.

4. Wenn ein kleinerer Körper gegen einen größern ruhenden ſich bewegt, ſo wird nur der kleinere mit ſeiner ganzen Geſchwindigkeit zurückgetrieben, und der größere verbleibet im Zuſtande der Ruhe.

5. Wenn ein größerer Körper M gegen einen kleinern ruhenden m ſtößt, ſo wird auch dem ruhenden Körper eine Bewegung mitgetheilt, und beyde gehen zuſammen mit einer Geſchwindigkeit fort, welche im Verhältniſſe $M + m : m$ vermindert iſt.

6. Wenn der eine von zweyen gleichen Körpern gegen den andern ruhenden ſich bewegt, ſo geht der letztere mit verminderter Geſchwindigkeit zurück, und der erſtere wird nach der entgegengeſetzten Richtung getrieben. Käme z. B. der bewegte Körper mit 4 Grad

Geſchwindigkeit an, ſo theilt er dem ruhenden Einen Grad mit, und geht mit drey Graden wieder zurück.

7. Wenn ſich zwey Körper M und m nach einerley Richtung bewegen, m langſamer und der nachfolgende M geſchwinder, und m wäre größer als M, jedoch die Größe der Bewegung in M größer als die in m, ſo theilt nun M dem Körper m eine Bewegung mit, ſo daß ſie nachher mit gleicher Geſchwindigkeit nach einerley Richtung fortgehen. Wäre hingegen die Größe der Bewegung in m größer als die in M, ſo ſpringt nun der Körper M zurück, und m behält ſeine ganze Bewegung.

Weil Carteſius harte Körper von elaſtiſchen nirgends unterſcheidet, und überdem durch harte Körper überall alle feſten Körper im Gegenſatz der flüſſigen verſtehet, ſo ſcheint es, als ob dieſe Geſetze für alle feſten Körper überhaupt gelten ſollen. Ob es nun wol gleich ſeine Richtigkeit hat, daß überhaupt alle feſte Körper eine gewiſſe Elaſticität beſitzen, ſo giebt es doch unendlich viele Grade der Elaſticität der verſchiedenen feſten Körper, und die Geſetze des Stoßes der im höchſten Grade elaſtiſchen Körper müſſen ganz anders beſchaffen ſeyn, als die der im geringſten Grade elaſtiſchen. Kein einziges von dieſen Geſetzen iſt daher ganz richtig. Auch iſt Descartes unter andern beſonders von Dechales [a]) ſehr gut widerlegt worden. Die erſte Regel gilt nur für höchſt elaſtiſche Körper, für andere aber nicht; die zweyte und dritte Regel finden für gar keine Körper ſtatt, die vierte kann ſpielend widerlegt worden; die fünfte findet ihre Anwendung nur bey den ſogenannten unelaſtiſchen Körpern; und endlich die ſechſte und ſiebente ſind ganz falſch.

a) Mundus mathematicus. T. I. p. 678.

falſch. Montucla, welcher ſonſt den Carteſius mit vielen Lobeserhebungen heraus ſtreicht, bewundert doch die Gelehrigkeit ſeiner Schüler, welche ſolche Sätze hätten glauben können. Auch hatte ihm ſein Schüler Clerſelier, der nachherige Herausgeber von ſeinen Briefen, Erinnerungen gemacht, welche er aber ſehr unverſtändlich beantwortet [b]). Ja es war ſelbſt dem Carteſius nicht unbekannt, daß ein größerer ruhender Körper durch den Stoß von einem kleinern gegen ihn bewegten wirklich in Bewegung verſetzt werde. Allein in ſeinen Principien (Par. II. prop. 56. 57.) ſucht er ſolche Bewegungen aus dem geſtörten Gleichgewichte in den umgebenden flüſſigen Mitteln zu erklären, und meint, daß alle Verſuche, die ihm entgegen wären, nichts gegen ihn bewieſen, indem man überhaupt in Anſehung der Bewegung der Körper nichts Beſtimmtes feſtſetzen könnte, weil es keine vollkommen feſten Körper gebe, und die umgebenden Mittel überall mitwirkten.

Carteſius, welcher ſonſt ein großer Mathematiker war, würde ohne Zweifel den Irrthum ſeiner vorgetragenen Geſetze eingeſehen haben, wenn ihm nicht ſeine Wirbel auf einen Standpunkt hingeriſſen hätten, aus welchem er wenig Wahrheiten verbreiten konnte. Uebrigens erhellet aus einigen Stellen ſeiner Briefe, daß er das vierte Geſetz ſelbſt nicht allemal geglaubt habe. So führt er in einem Briefe an den P. Merſenne (T. II. epiſt. XCIV.) gerade das Gegentheil an, indem er meint, daß eine jede noch ſo

b) *Ren. Descartes* epiſtolae. Pars I. Amſtel. 1668. 4. epiſt. CXVII.

ſo große ruhende Maſſe durch den Stoß einer ſehr kleinen zum wenigſten erſchüttert werde; credo, ſagt er, totam terrae molem a deambulante homine aliquantiſper commoveri, quia nunc hanc, nunc illam partem gravat. In einem andern Briefe an eben denſelben (T. II. epiſt. XLIV.) dehnt er die Behauptung ſeines fünften Geſetzes, welches für unelaſtiſche Körper richtig iſt, ganz richtig auch auf das vierte Geſetz aus.

Ueberhaupt ſtehen die Geſetze des Stoßes in gar keiner allgemeinen Verbindung unter ſich ſelbſt. Denn die Geſchwindigkeiten, welche beyde Körper nach dem Stoße erlangen, ſind gar keine beſtändigen Funktionen der Maſſen und Geſchwindigkeiten derſelben vor dem Stoße, wie bald weiter erhellen wird.

Der erſte Verſuch in der Lehre vom Stoße der Körper fiel alſo nicht glücklich aus. Eben ſo wenig richtiges, als Carteſius, haben nach ihm Honoratus Fabri, Jung und andere von dieſer Lehre vorgetragen. Etwas beſſeres lehrte Alphonſus Borellus c), wie wol ſeine Beobachtungen nur auf beſondere Fälle ohne allgemeinen Zuſammenhang gerichtet, und durch eine unbequeme Art, die Bewegung zu betrachten, verdunkelt ſind.

Endlich machte im Jahre 1668 die königliche Societät der Wiſſenſchaften zu London den Wunſch bekannt, daß unter ihren Mitgliedern die Mathematiker allgemeine Unterſuchungen über dieſe Lehre anſtellen, und ihre gefundenen Reſultate einreichen möchten. Durch dieſe Veranlaſſung kamen auf einmal drey der damaligen berühmteſten Mathematiker Wallis,

c) De vi percuſſionis. Lugduni Batav. 1686. 4.

lis, Wrenn und Huygens mit den wahren Geſetzen des Stoßes an das Licht [d]). Wallis reichte ſeine gefundenen Reſultate der Geſellſchaft am 26ten Novemb., Wrenn am 17ten Dec. 1668 und Huygens am 4ten Jan. 1669 ein. Es ſoll aber Huygens ſchon im Jahre 1663 bey ſeinem Aufenthalte in London im Beſitze dieſer Geſetze geweſen ſeyn, er habe aber damals den Mitgliedern dieſer gelehrten Geſellſchaft nichts von dieſer Erfindung offenbahrt.

Wallis hat in ſeinem Aufſatze ſich blos auf unelaſtiſche Körper eingeſchränkt. Erſt nachher hat er auch die Geſetze des Stoßes elaſtiſcher Körper abgehandelt, und ſie zugleich mit den erſtern in ſeinen mathematiſchen Werken [e]) bekannt gemacht.

Die Beweiſe ſeiner Geſetze führt er mit algebraiſchen Formeln, und ſie müſſen nothwendig auch mit beygebracht werden, um von den wichtigſten Erfindungen nichts zu übergehen, und dem Phyſiker zugleich zu überzeugen, daß er ohne mathematiſche Kenntniſſe nicht tief in die Geheimniſſe der Natur einzudringen vermöge. Die von Wallis entwickelten Geſetze vom Stoße unelaſtiſcher Körper ſind folgende:

1. Wenn gleich große Maſſen mit gleicher Geſchwindigkeit gegen einander laufen, ſo hört die Bewegung im Augenblicke des Stoßes in beyden Körper auf, und beyde Körper kommen zur Ruhe.

Man

d) Philoſoph. Tranſact. Num. 43. p. 864. Num. 46. p. 927. überſ. in den Abhandl. zur Naturg. Phyſik und Oekonomie aus den Philoſ. Tranſact. B. I. Th. I. Leipz. 1779. 4. S. 147. f.

e) Opera mathematica T. I. Oxon. 1685. fol. p. 1002. ſqq.

Man ſetze nämlich beyde Maſſen M und m (nach Wallis mP und nP), ihre Geſchwindigkeiten C und c (nach Wallis rC), ſo wird die Größe der Bewegung der Maſſe M, = MC und die Größe der Bewegung der Maſſe m, = mc ſeyn. Da nun nach der Vorausſetzung M = m, und C = c ſeyn ſoll, ſo hat man auch MC = mc, und daher MC — mc = 0, oder beyde Maſſen ruhen nach dem Stoße.

2. **Wenn die beyden gleichen Maſſen mit ungleichen Geſchwindigkeiten gegen einander kommen, ſo erhalten beyde Maſſen nach dem Stoße eine Geſchwindigkeit in der Richtung der einen Maſſe, welche die größere Bewegung beſitzt, die der Hälfte des Unterſchiedes der Geſchwindigkeiten beyder Maſſen vor dem Stoße gleich iſt.**

In dieſem Falle ſind nämlich MC und mc ungleich groß. Setzt man nun MC größer als mc, ſo wird nothwendig durch den Stoß die Maſſe M ſo viel von ſeiner Bewegung verlieren, als mc beträgt, mithin wird der Maſſe M noch eine Kraft übrig bleiben, welche = MC — mc iſt, womit ſie in ihrer Richtung fortgehen will. Allein da ihr die Maſſe m im Wege liegt, welche Widerſtand leiſtet, ſo muß ſie nothwendig einen Theil von dieſer Kraft anwenden, um die Maſſe m vor ſich her zu ſchieben, alſo kann auch die Maſſe M nicht mehr ſo ſchnell fortgehen, als wenn die Maſſe m gar nicht mehr da wäre. Mithin muß die Maſſe M eine andere Geſchwindigkeit erlangen, welche = x ſey, womit nun beyde Maſſen M + m = 2M (wegen M = m) zuſammen fortgehen. Man kann ſich alſo vorſtellen, die noch übrige

Kraft

Kraft $MC - mc = M(C-c)$ werde mit der Kraft $2Mx$ ſich fortbewegen, ſo daß alſo $M(C-c) = 2Mx$ iſt, und daraus findet man $x = \frac{M(C-c)}{2M} = \frac{1}{2}(C-c)$.

3. Sind die Maſſen, die ſich gegen einander bewegen, ſo wie auch ihre Geſchwindigkeiten ungleich, ſo iſt ihre gemeinſchaftliche Geſchwindigkeit nach dem Stoße gleich einem Quotienten, welcher entſteht, wenn man die Differenz der Größen der Bewegungen beyder Maſſen vor dem Stoße durch die Summe der Maſſen dividirt. Wären aber die Geſchwindigkeiten gleich, ſo iſt alsdenn die gemeinſchaftliche Geſchwindigkeit dem Quotienten aus dem Produkte der Differenz der Maſſen in die Geſchwindigkeit durch die Summe der Maſſen dividirt gleich.

Iſt nämlich $MC > mc$, ſo wird der Maſſe M nach dem Stoße die Größe der Bewegung $MC - mc$ übrig bleiben; mit dieſer würde nun die Maſſe M in ihrer Richtung fortgehen, wenn ihr die Maſſe m nicht im Wege läge; ſie muß alſo der Maſſe m eine Geſchwindigkeit x mittheilen, womit nun beyde Maſſen $M + m$ zuſammen fortgehen, und es wird folglich $x(M+m) = MC - mc$, und daher $x = \frac{MC - mc}{M+m}$ ſeyn.

Wäre nun $C = c$, ſo wird $x = \frac{(M-m)C}{M+m}$.

4.

4. Bewegen ſich die beyden Maſſen nach einerley Richtung, ſo wird die gemeinſchaftliche Geſchwindigkeit nach dem Stoße dem Quotienten gleich, welcher entſteht, wenn man die Summe der Größen der Bewegungen vor dem Stoße durch die Summe der Maſſen dividirt. Bey gleichen Maſſen aber iſt die gemeinſchaftliche Geſchwindigkeit der halben Summe der Geſchwindigkeiten vor dem Stoße gleich. Wären endlich die Geſchwindigkeiten gleich, ſo findet gar kein Stoß ſtatt.

Wenn nämlich von den beyden Maſſen M und m die nachfolgende M eine größere Geſchwindigkeit beſitzt, als die vorangehende m, ſo wird von dem Augenblicke der Berührung an die Maſſe M die langſamer gehende m ſchneller fortzubewegen ſuchen, folglich einen Theil ihrer eigenen Bewegung verlieren; dagegen wird m eben ſo viel gewinnen, bis beyde Maſſen $M + m$ mit gleicher Geſchwindigkeit x fortgehen. Mithin iſt nun die Größe der Bewegung $x(M + m) = MC + mc$, weil nichts von den Bewegungen verlohren gegangen iſt. Daraus findet man $x = \frac{MC + mc}{M + m}$.

Wären nun beyde Maſſen einander gleich, oder $M = m$, ſo iſt die gemeinſchaftliche Geſchwindigkeit nach dem Stoße oder $x = \frac{1}{2}(C + c)$. Wäre endlich $C = c$, ſo können ſich beyde Maſſen einander nicht einholen, und es findet alſo gar kein Stoß ſtatt.

5. Iſt die eine Maſſe in Ruhe, ſo werden beyde Maſſen, wenn ſie einander gleich ſind, nach dem Stoße mit der Hälfte der Geſchwindigkeit in der nämlichen Richtung fortgehen; wären hingegen die Maſſen ungleich, ſo iſt alsdenn die gemeinſchaftliche Geſchwindigkeit dem Quotienten aus dem Produkte der bewegten Maſſe in ihre Geſchwindigkeit durch die Summe der Maſſen dividirt gleich; im Fall alsdenn die ruhende Maſſe gegen die bewegte unendlich groß iſt, iſt dieſe Geſchwindigkeit unendlich klein, oder die ruhende Maſſe erhält nur eine Erſchütterung.

Wäre m vor dem Stoße in Ruhe geweſen, mithin $c = 0$, ſo würde die gemeinſchaftliche Bewegung nach dem Stoße oder $x = \frac{MC}{M+m}$, und wenn $M = m$, $x = \frac{1}{2} C$ ſeyn. Wenn m in Vergleichung mit M unendlich groß wäre, ſo wird nun $x = c + \frac{MC}{m}$, und wenn m in Ruhe, mithin $c = 0$ iſt, ſo wird $x = \frac{MC}{m}$ d. h. die Geſchwindigkeit iſt nach dem Stoße unendlich klein, wie z. B. wenn mit einem Hammer an einem Felſen geſchlagen wird.

Die Formel $\frac{MC + mc}{M+m}$ (4.) kann man als die allgemeine anſehen, wenn man entgegengeſetzte Geſchwindigkeiten als algebraiſche entgegengeſetzte Größen betrachtet. Für denjenigen Fall, wo beyde Maſſen

ſen einander entgegen kommen (3.) muß die Geſchwindigkeit c negativ genommen werden; alsdenn verwandelt ſich dieſe Formel in die (3.) $\frac{MC - mc}{M + m}$. In dieſer algebraiſchen Bedeutung der entgegengeſetzten Bewegungen läßt ſich nun auch der Satz behaupten, daß die Größe der Bewegung unelaſtiſcher Körper nach dem Stoße der vor dem Stoße gleich bleibt. Betrachtet man aber arithmetiſch alle Bewegung, nach welcher Richtung ſie auch gehe, poſitiv, ſo findet dieſer Satz nur alsdenn ſtatt, wenn ſich die Maſſen folgen; für den Fall hingegen, da ſie ſich begegnen, iſt die Größe der Bewegung nach dem Stoße der Differenz der Bewegungen vor dem Stoße gleich.

Weil beyde Maſſen M und m nach dem Stoße die gemeinſchaftliche Geſchwindigkeit x erlangen, ſo findet man ihre Aenderungen der Geſchwindigkeiten C und c, die ſie vor dem Stoße hatten, C — x und x — c. Setzt man für x den allgemeinen Werth (4), ſo ergiebt ſich

$$C - x = m. \frac{C - c}{M + m} \text{ und}$$

$$x - c = M. \frac{C - c}{M + m}$$

Es verhalten ſich alſo dieſe veränderten Geſchwindigkeiten umgekehrt, wie ihre Maſſen. In dem Falle, da beyde Maſſen einander entgegen kommen (3), muß bloß C + c ſtatt C — c geſetzt werden.

Endlich finden ſich die Aenderungen der Bewegung beyder Maſſen, wenn die Veränderungen der Geſchwindigkeiten durch die Maſſen M und m multiplicirt werden. Dadurch erhält man für beyde

Mm

$$\frac{Mm}{M+m} \cdot (C-c)$$

wo abermals in dem Falle, da ſich die Maſſen begegnen, C + c ſtatt C − c geſetzt werden muß. Nach (3) nämlich blieb der Maſſe M nach dem Stoße die Größe der Bewegung $M. \frac{MC-mc}{M+m} = \frac{M^2C-Mmc}{M+m}$; vor dem Stoße aber war ſie = MC, folglich hat ſie nach dem Stoße die Aenderung

$$MC - \frac{M^2C-Mmc}{M+m} = \frac{M^2C+MCm-M^2C+Mcm}{M+m}$$

$$= \frac{Mm}{M+m}(C+c) \text{ erlitten;}$$

Nach (4) aber blieb der Maſſe M nach dem Stoß $M. \frac{MC+mc}{M+m}$; vor dem Stoße war ſie MC, alſo iſt ihre Aenderung nach dem Stoße

$$MC - \frac{M(MC+mc)}{M+m} = \frac{M^2C+MCm-M^2C-Mcm}{M+m}$$

$$= \frac{Mm}{M+m} \cdot (C-c).$$

Hieraus folgt, daß beyde Maſſen gleiche Veränderungen ihrer Bewegungen erleiden; die mehr bewegte verliert gerade ſo viel, als die weniger bewegte gewinnt.

Bey dieſer Gelegenheit betrachtet Wallis f) zugleich den ſogenannten Mittelpunkt des Stoßes,

f) De percuſſione. prop. XV. in opp. T. I. Oxon. 1695. p. 1012. ſqq.

ßes, welchen er centrum percuſſionis maximae nennt. Er verſteht darunter diejenige Stelle eines bewegten Körpers, wo man ſich den ganzen Stoß beyſammen vorſtellen kann, ſo daß derjenige Widerſtand, an welchen dieſe Stelle ſtößt, den ganzen Stoß des Körpers empfindet, und, wenn er nicht ausweicht, ſeine fernere Bewegung aufhält. Wallis hielt dieſen Punkt mit dem Mittelpunkte des Schwunges, welchen Huygens zuerſt richtig beſtimmte, für einerley. Er betrachtete aber bloß den Stoß einer Ebene, welche ſich um eine in ihr ſelbſt befindlichen Axe dreht, in welchem Falle der Mittelpunkt des Stoßes mit dem Mittelpunkte des Schwunges völlig einerley iſt. Wenn ſich z. B. ein Cylinder oder Prisma, deſſen Axe (fig. 49.) ab iſt, in der Ebene abc um die Axe bey a dreht, ſo kann man ſich vorſtellen, es ſey in irgend einem Punkte v der Axe alle Maſſe des Körpers ſo vereint, daß ſie ſich um den feſten Punkt a in der nicht ſchweren geraden Linie ab in eben der Zeit und mit gleicher Gewalt durch den Winkel cab drehe, als der Körper ſelbſt. Hieraus iſt es aber zu begreifen, daß der Körper in der That als ein zuſammengeſetztes Pendel zu betrachten iſt, welches in einer Ebene hin und her ſchwingt, mithin der Punkt v als der Mittelpunkt des Stoßes mit dem Mittelpunkte des Schwunges völlig einerley ſeyn muß. Daher fand auch Wallis eben die Formel, durch welchen man den Mittelpunkt des Schwunges beſtimmt. Daß aber dieſe Uebereinſtimmung bloß zufällig ſey, hat nachher Johann Bernoulli ganz richtig erinnert. Carteſius und Roberval hatten ſchon für einige beſondere Fälle den Mittelpunkt des Stoßes gefunden, aber nicht für das gehalten, was ſie wirklich fanden, wie bereits unter dem

Arti-

Artikel Pendelbewegung, angeführt worden iſt; Wallis aber handelte zuerſt hievon mit Vorſatz.

Die Aufſätze, welche Wrenn und Huygens der Societät überreicht hatten, enthielten die Geſetze des Stoßes elaſtiſcher Körper, aber ohne Beweis. Ihre Darſtellung war zwar kurz, aber doch beſtimmt und allgemein ausgedruckt. Im Februar des Jahrs 1669 ſendete Huygens noch einen andern Aufſatz nach, in welchem er folgende merkwürdige Sätze beym Stoße elaſtiſcher Körper zum erſtenmale anzeigte: 1. daß die Summe der Produkte aus den Maſſen in die Quadrate der Geſchwindigkeiten vor und nach dem Stoße gleich groß bleibe, und 2. daß die Größe der Bewegung zwar vermehrt und vermindert werden könne, aber doch immer nach einerley Seite zu unverändert bleibe, wenn man die nach der entgegengeſetzten Seite gerichteten davon ſubtrahire. Die elaſtiſchen Körper belegt er überhaupt mit dem Nahmen harter Körper, aber nur im Gegenſatze mit den unelaſtiſchen weichen, nicht ſo wie Carteſius meinte, als ob in der abſoluten Härte ſchon ein hinreichender Grund des Zurückſpringens enthalten wäre.

Endlich aber hat Huygens dieſe ganze Lehre in einer eigenen Schrift mit ſinnreichen Beweiſen ausgeführt, welche aber erſt nach ſeinem Tode ans Licht kam [g]). Auf die Unterſuchung der Urſache, welche wol ſtatt finden könne, warum elaſtiſche Körper, die einander ſtoßen, wieder zurückſpringen, läßt er ſich nicht ein, ſondern beruft ſich vielmehr auf die Erfahrung,

g) De motu corporum expercuſſione in opuſc. poſth. Lugd. Bat. 1703. 4. p. 369. ſqq.

rung, welche ihn lehrt, daß gleiche elaſtiſche Körper, welche ſich mit gleichen Geſchwindigkeiten einander begegnen, mit eben den Geſchwindigkeiten wieder zurückſpringen. Stelle man ſich vor, ein Menſch befinde ſich auf einem Schiffe, und bringe zwey gleiche elaſtiſche Kugeln mit gleichen Geſchwindigkeiten gegen einander, ſo lehre die Erfahrung, daß auf dem bewegten Schiffe die beyden Kugeln in Rückſicht des Schiffes ebenfalls mit gleichen Geſchwindigkeiten zurückſpringen, wie auf dem ruhenden Schiffe oder auch auf dem Ufer. Aus dieſen Vorausſetzungen ſucht nun Huygens alle mögliche Fälle des Stoßes elaſtiſcher Körper zu erweiſen. Es wird übrigens hinreichend ſeyn, nur einige Fälle anzuführen, um ſeine ſinnreiche Beweisart beurtheilen zu können. Sein erſter Satz iſt dieſer: wenn die eine von zwey gleichen Maſſen in Ruhe iſt, und die andere mit einer gewiſſen Geſchwindigkeit gegen jene ſtößt, ſo wird die andere mit eben der Geſchwindigkeit wieder zurückſpringen, mit welcher ſie gegen die erſtere ankam. Es führe ein Menſch auf einem Schiffe mit beyden Händen an den Fäden (fig. 50.) cb und da die beyden Kugeln a und b mit gleicher Geſchwindigkeit an einander; wenn das Schiff ruht, ſo kommen ſie in der Mitte zuſammen, und ſpringen eben ſo geſchwind wieder zurück. Wird nun indeſſen das Schiff mit eben der Geſchwindigkeit be, mit welcher die Hand die Kugel b gegen die Kugel a führte, von der Rechten gegen die Linke bewegt, ſo erhellet, daß die abſolute Bewegung der Kugel b, ſo wie ſie vom Ufer aus geſehen würde, $= be + ea = ba$, und die der Kugel a $= be - ea = 0$ wäre, mithin würde die Kugel a dem Beobachter auf dem Ufer als ruhend erſcheinen. Nach dem Stoße, wenn das Schiff immer fortgeht, gehen

beyde

beyde Kugeln gemeinſchaftlich wieder durch den Raum = ea in eben der Zeit weiter; der Beobachter auf dem Ufer ſieht alſo die Kugel a durch den Raum ae + ae = ab, und die Kugel b durch den Raum be — be = o ſich bewegen, d. h. es würde dem Beobachter eben ſo vorgekommen ſeyn, als ob die Kugel b in Ruhe geweſen, und die Kugel a mit eben der Geſchwindigkeit ab, mit welcher er gegen b ſich bewegte, wieder zurückgeſprungen wäre.

Sind aber die Geſchwindigkeiten der beyden Kugeln a und b, womit ſie gegen einander geführt werden, ungleich, die erſtere a komme nämlich mit der Geſchwindigkeit af, und die andere b mit der Geſchwindigkeit bf an, ſo beweißt nun Huygens auf eben dieſe Art, daß die Kugeln nach dem Stoße ihre Geſchwindigkeiten unter einander verwechſeln; die Kugel a werde nämlich mit der Geſchwindigkeit fb und die Kugel b mit der Geſchwindigkeit fa zurückſpringen. Wenn ein Menſch auf dem Schiffe mit beyden Händen die Kugeln a und b mit den Geſchwindigkeiten af und bf gegen einander führt, und indeſſen das Schiff von der Linken gegen die Rechte mit der Geſchwindigkeit ef = eb = $\frac{1}{2}$ ab = ab — eb ſich fortbewegt, ſo wird die abſolute Bewegung, ſo wie ſolche der Beobachter auf dem Ufer wahrnimmt, der Kugel a = af — ef = ae, und die der Kugel b = bf + ef = ea d. h. dem Beobachter würde es eben ſo vorkommen, als wenn beyde Kugeln mit gleicher Geſchwindigkeit gegen einander geführt würden; daraus erhellet alſo, daß ſie in Rückſicht des Beobachters mit den nämlichen Geſchwindigkeiten wieder zurückſpringen müſſen; während dieſer Zeit des Zurückſpringens fahre aber das Schiff mit der Geſchwin-

digkeit ef weiter fort, mithin werden beyde Kugeln wieder gemeinſchaftlich durch den Raum ef in eben der Zeit weiter bewegt; der Beobachter auf dem Ufer ſieht alſo die Kugel a in dem Raume ae — ef = eb — ef = fb, und die Kugel b in dem Raume be + ef = fa zurückſpringen. Auf eine gleiche Art werden nun alle Fälle des Stoßes gleicher Maſſen unterſucht. Für ungleiche Maſſen beweißt Huygens zuerſt aus dem oben angeführten Grundſatze der aufſteigenden Kräfte, daß die neuen Geſchwindigkeiten gleich ſeyn müſſen, wenn ſich die vorigen verkehrt, wie die Maſſen, verhalten. Hierauf läßt er wieder auf dem Schiffe die Kugeln ſich ſtoßen, und einem Beobachter am Ufer wahrnehmen, welche Geſchwindigkeiten alsdenn die Kugeln vor und nach dem Stoße erlangen. — Dieß mag genug ſeyn, um ſich einen Begriff von der Beweisart, welche Huygens hiebey gebrauchte, zu machen. Sie wird in der Folge als eine ſchöne Erläuterung dienen, um ſich die Mittheilung der Bewegung begreiflich zu machen. — Huygens beſchließt dieſe ſeine Schrift mit folgendem merkwürdigen Beyſpiele: wenn in einer Reihe hundert elaſtiſche Körper an einander liegen, deren Maſſen in dem geometriſchen Verhältniſſe 1 : 2 abnehmen, mithin ſich wie die Glieder der geometriſchen Progreſſion 1 : 2 : 4 : 8 : 16 : 32 u. ſ. f. verhielten, ſo würde die Geſchwindigkeit des kleinſten oder hundertſten, womit er ſich fortbewegen müßte, wenn die Geſchwindigkeit des erſtern = 1 wäre, ohngefähr 14760000000 ſeyn. — Durch Hülfe der Logarithmen läßt ſich dieſes Reſultat richtiger und genauer finden. —

Kürzer und mit mehr Präciſion laſſen ſich auch die Geſetze des Stoßes elaſtiſcher Körper durch algebrai-

braiſche Formeln darthun, ſo wie ſie ſchon Wallis dadurch bewieß. Es iſt daher ebenfalls nöthig, ſie hier auf dieſem erfundenen Wege in möglichſter Kürze anzuführen.

Geſetzt alſo, die beyden elaſtiſchen Maſſen (fig. 51.) M und m ſtoßen einander in b, ſo rucken die Theile der einen Maſſe M von b nach f, und die Theile der andern Maſſe m von b nach g, eben weil ſie elaſtiſch ſind. Was die Urſache der Elaſticität ſey, ſagt Wallis, wiſſe er nicht zu beſtimmen. Begegnen ſich nun beyde Maſſen nach der Richtung ad, ſo wird das Zuſammenrucken der Theile ſo lange dauern, bis beyde Maſſen einerley Geſchwindigkeit nach dieſer Richtung erlangt haben, und mit welcher ſie ſich fortbewegen würden, wenn ſie unelaſtiſch wären. In dem Augenblicke aber, da beyder Maſſen Geſchwindigkeiten gleich groß geworden, iſt auch der Eindruck beyder Maſſen am größten geworden, und die zuſammengedruckten Theile ſtreben ſich von f nach b und von g nach b wieder in den vorigen Zuſtand zu verſetzen. Demnach verurſacht die Elaſticität eine neue Wirkung beyder Maſſen gegen einander. Da ſie nun vollkommen elaſtiſch ſeyn ſollen, ſo müſſen ſich die zuſammengedruckten Theile mit der nämlichen Kraft in die vorige Lage zurückziehen, als ſie zuſammengepreßt worden. Es muß folglich die Wiederherſtellung der elaſtiſchen Theile eben die Wirkung hervorbringen, welche die Zuſammendrückung verurſachte. Demnach verliert die Maſſe M von der Zeit der größten Zuſammendruckung bis zur Zeit der Wiederherſtellung gerade ſo viel Geſchwindigkeit, als ſie ſchon vorher verlohren hatte, und die Maſſe m gewinnt in eben der Zeit ſo viel Geſchwindigkeit, als ſie ſchon vorher gewonnen hatte.

War alſo die Geſchwindigkeit der Maſſe $M = C$, und die der Maſſe $m = c$, ſo müßte der Verluſt der Maſſe M, wenn ſie unelaſtiſch wäre $= \frac{m(C-c)}{M+m}$ seyn; wegen der Wiederherſtellung der Theile verliert ſie aber eben ſo viel, mithin verliert ſie überhaupt $\frac{2m(C-c)}{M+m}$, und behält daher die Geſchwindigkeit nach dem Stoße

$$C - \frac{2m(C-c)}{M+m} = \frac{(M-m)C + 2mc}{M+m}$$

$$= \frac{2(MC+mc)}{M+m} - C = 2x - C = V$$

Ferner iſt der Gewinn der Geſchwindigkeit der Maſſe m, wenn ſie unelaſtiſch wäre, $= \frac{M(C-c)}{M+m}$; wegen der Wiederherſtellung der zuſammengedruckten elaſtiſchen Theile aber gewinnt ſie eben ſo viel, alſo gewinnt ſie überhaupt $\frac{2M(C-c)}{M+m}$, und behält die Geſchwindigkeit nach dem Stoße

$$c + \frac{2M(C-c)}{M+m} = \frac{(m-M)c + 2MC}{M+m} =$$

$$\frac{2(MC+mc)}{M+m} - c = 2x - c = v$$

Es ſind daher

1. die Größen der Bewegung nach dem Stoße
für $M = M(2x - C) = MV$, und
für $m = m(2x - c) = mv$

2. Dieſe in der größten Allgemeinheit abgefaßten Ausdrücke faſſen folgende Fälle:

a. wenn beyde Maſſen M und m nach einerley Richtung ſich bewegen, ſo daß m die vorangehende, und M die nachfolgende iſt, ſo muß c kleiner als C seyn, wenn ein Stoß erfolgen ſoll. In Rückſicht der Größe der Maſſen kann es hier drey Fälle geben; die Maſſe M iſt nämlich entweder $= m$, oder größer, oder kleiner als m.

Für den erſten Fall wird $V = \frac{2Mc}{2M} = c$, und

$v = \frac{2MC}{2M} = C$ d. h. beyde Maſſen bleiben in der vorigen Richtung, ſie verwechſeln aber ihre vorigen Geſchwindigkeiten.

Für den zweyten Fall, wo die nachfolgende Maſſe die größte iſt, bleiben die beyden Geſchwindigkeiten V und v poſitiv, aber v offenbar größer als V, weil $2x - C$ kleiner als $2x - c$ iſt. Es gehen alſo beyde Maſſen nach einerley Richtung, aber die kleinere geht ſchneller voraus.

Für den dritten Fall, wo die Maſſe M kleiner als m iſt, bleibt v poſitiv, und die größere vorangehende Maſſe m behält ſeine Richtung. Was aber V betrifft, ſo iſt es nur alsdenn poſitiv, wenn $2mc > (M - m)C$ iſt. Wäre $2x = C$, mithin $2x - C = o = V$, ſo bliebe die nachfolgende Maſſe nach dem Stoße in Ruhe, und die vorangehende erhielt die Geſchwindigkeit C

$- c$. Wäre endlich $2x < C$, ſo wird nun V negativ, und die nachfolgende kleinere Maſſe ſpringt nach dem Stoße zurück, jedoch mit der Geſchwindigkeit $C - 2x$, alſo allemal langſamer als ſie vor dem Stoße gieng.

b. Wenn ſich die beyden Maſſen M und m begegnen, ſo iſt alsdenn c als negativ anzuſehen. Nimmt man nunmehr an, daß M jederzeit die größte Bewegung habe, ſo bleibt auch immer $MC > mc$, und daher x beſtändig poſitiv; folglich wird auch v oder $2x - c$ immer poſitiv, weil c ſelbſt negativ iſt. Es muß alſo diejenige Maſſe, welche die geringere Bewegung beſitzt, nach dem Stoße die poſitive Geſchwindigkeit $= 2x + c$ erhalten, da ſie vor dem Stoße negativ war d. h. die geringer bewegte Maſſe muß jederzeit nach dem Stoße zurückſpringen, und zwar mit größerer Geſchwindigkeit, als ſie anſtieß.

Die Maſſe M, welche die größere Bewegung hat, kann entweder $= m$, oder kleiner, oder größer als m ſeyn. Im erſten Falle wäre $V = -\frac{2mc}{2m} = -c$, und $v = \frac{2MC}{2M} = C$ d. h. beyde Maſſen ſpringen nach dem Stoße mit verwechſelter Geſchwindigkeit zurück.

Im andern Falle, wo $M < m$, muß nothwendig C ſehr groß ſeyn, weil es mit der kleinern Maſſe M dennoch eine größere Bewegung hervorbringen ſoll. Hier iſt C allezeit größer als

2 x, und auch größer als c, daher wird V oder 2 x — C negativ, und ſein arithmetiſcher Werth C — 2 x kleiner als C, d. h. die ſtärker bewegte kleine Maſſe ſpringt ebenfalls zurück, aber mit geringerer Geſchwindigkeit, als ſie anſtieß.

Im dritten Falle endlich, wo M > m, kann die Maſſe M nur alsdenn zurückſpringen, wenn 2 x < C iſt. Wäre 2 x gerade ſo groß als C, ſo bleibt M nach dem Stoße in Ruhe, und m ſpringt mit der Geſchwindigkeit C + c zurück. Wenn endlich 2 x > C wäre, ſo behält M die Richtung die ſie vor dem Stoße hatte.

Aus dieſem Angeführten erhellet, wie viele beſondere Fälle eine einzige allgemeine Formel unter ſich begreifen könne. Weil es hierbey aber auf eine gewiſſe Fertigkeit bey gehöriger Subſtitution der algebraiſchen Zeichen ankommt, ſo wird es doch für Anfänger ſicherer ſeyn, für den Fall, wo beyde Maſſen einander entgegen kommen, lieber gleich in der Grundformel ſtatt c ihren wahren Werth — c zu ſetzen, da man alsdenn erhält

$$V = \frac{(M-m)\,C - 2mc}{M+m} = 2x - C, \text{ und}$$

$$v = \frac{(M-m)\,c + 2MC}{M+m} = 2x + c,$$

in welchen Formeln jederzeit die arithmetiſchen poſitiven Werthe von C und c zu ſetzen ſind.

3. Wenn die beyden Maſſen M und m, die gegen einander laufen, vor dem Stoße eine gleiche Bewegung beſaßen, oder es war MC = — mc, folg

lich $x = o$, ſo wird $V = - C$ und $v = + c$ d. h. eine jede Maſſe ſpringt mit ihrer vorigen Geſchwindigkeit zurück.

4. Iſt die Maſſe m vor dem Stoße in Ruhe, oder $c = o$, geweſen, ſo wird V nach dem Stoße $= \frac{(M - m) C}{M + m}$ und $v = \frac{2 M C}{M + m}$. Iſt nun $M = m$, ſo wird $V = o$ und $v = C$, oder die ſtoßende Maſſe kommt zur Ruhe, und die geſtoßene geht mit der Geſchwindigkeit der ſtoßenden fort. Iſt aber $M > m$, ſo bleibt V poſitiv, und die Bewegung von M geht in der nämlichen Richtung fort, als ſie anſtieß; iſt endlich $M < m$, ſo wird V negativ, und die Maſſe M muß zurückſpringen.

5. In den oben allgemein angegebenen Formeln hat man

$V = 2x - C$ und

$v = 2x - c$, mithin

$v - V = + C - c$ d. h. die Differenz der Geſchwindigkeiten iſt vor und nach dem Stoße gleich. Dieſer Satz gilt aber nur, wenn eine Geſchwindigkeit nach entgegengeſetzter Richtung als eine vermindernde algebraiſch betrachtet wird. Nimmt man aber überhaupt alle Geſchwindigkeit als gleichgültig an, ſo gilt der Satz arithmetiſch nur, wenn beyde Maſſen vor und nach dem Stoße nach einerley Richtung ſich fortbewegen.

Gehen beyde Maſſen vor und nach dem Stoße nach verſchiedenen Richtungen, ſo iſt alsdenn v dem V und c dem C entgegengeſetzt, und man hat $V + v = C + c$ oder die Summe der Geſchwin-

digkeit iſt vor und nach dem Stoße einander gleich.

Gehen aber die Maſſen vor dem Stoße nach verſchiedenen, nach dem Stoße aber nach einerley Richtung, ſo iſt alsdenn nur c dem C entgegengeſetzt, und es wird $v - V = C + c$, oder die Differenz der Geſchwindigkeiten nach dem Stoße iſt gleich der Summe der Geſchwindigkeiten vor dem Stoße.

Gehen endlich die Maſſen vor dem Stoße nach einerley, nach demſelben aber nach verſchiedenen Richtungen, ſo iſt nur v dem V entgegengeſetzt, und man hat $V + v = C - c$, oder die Summe der Geſchwindigkeiten nach dem Stoße iſt der Differenz der Geſchwindigkeiten vor dem Stoße gleich.

6. Wenn die beyden Maſſen einander entgegen laufen, ſo nähern oder entfernen ſie ſich von einander mit der Summe ihrer Geſchwindigkeiten; gehen ſie aber nach einerley Richtung, ſo nähern oder entfernen ſie ſich von einander mit der Differenz derſelben. Vergleicht man dieß mit den n. 5. angeführten Fällen, ſo wird man überall finden, daß ſich die Maſſen nach dem Stoße mit eben der Geſchwindigkeit von einander entfernen müſſen, mit welcher ſie ſich vor dem Stoße einander näherten. Folglich bleibt die relative Geſchwindigkeit vor dem Stoße noch eben ſo groß als nach demſelben. So haben z. B. die Maſſen eine Sekunde vor und eine Sekunde nach dem Stoße einerley Entfernung von einander.

7. Die Maſſe M hatte vor dem Stoße die Geſchwindigkeit C, nach dem Stoße aber $2x - C$, folglich erlitt die erſtere die Veränderung $C - (2x - C)$ $= 2C$

$= 2C - 2x$; die Maſſe m aber beſaß vor dem Stoße die Geſchwindigkeit c, nach dem Stoße $2x - c$, mithin erhielt die Geſchwindigkeit c die Veränderung $2x - c - c = 2x - 2c$.

8. Nach n. 1. war $MV = 2Mx - MC$, und
$$mv = 2mx - mc, \text{ mithin}$$
$$MV + mv = 2(M + m)x - MC - mc$$
Es iſt aber $(M + m)x = MC + mc$ folglich wird
$$MV + mv = 2MC + 2mc - MC - mc = MC + mc \text{ d. h.}$$
die algebraiſche Summe der Bewegungen bleibt vor und nach dem Stoße gleich, wenn nämlich die Bewegung nach entgegengeſetzter Richtung als eine vermindernde betrachtet wird. Nimmt man aber jede Bewegung als arithmetiſch gleichartig an, ſo iſt dieſer Satz nur alsdenn wahr, wenn beyde Maſſen vor und nach dem Stoße nach einerley Richtung ſich hinbewegen; gehen aber beyde Maſſen vor und nach dem Stoße nach verſchiedenen Richtungen, ſo iſt die Differenz der Bewegungen vor und nach dem Stoße einander gleich; gehen ſie endlich vor dem Stoße nach verſchiedener, nach demſelben aber nach einerley Richtung, ſo iſt alsdenn die Differenz der Bewegungen vor dem Stoße der Summe der Bewegungen nach dem Stoße gleich. Mit einem Worte, es erfolgt hier alles gerade ſo, wie bey n. 5.

Man ſieht hieraus, daß es ein offenbar falſcher Grundſatz iſt, den Carteſius behauptete, daß in der Welt beſtändig einerley Größe der Bewegung erhalten werde. Denn im algebraiſchen Sinne hat er ihn nicht angenommen, wo die Bewegung nach entgegengeſetzter Richtung als verneinend betrachtet wird,

und

und überhaupt wäre es auch ſehr unſchicklich geweſen, ihn in der Natur ſo zu nehmen.

9. Die allgemeinen Werthe von n. 1. geben noch

$$MV^2 = MC^2 - 4MCx + 4Mx^2$$

$$mv^2 = mc^2 - 4mcx + 4mx^2,$$ folglich

$$MV^2 + mv^2 = MC^2 + mc^2 - 4(MC + mc)x + 4(M+m)x^2$$

aber $(M+m)x = MC + mc$, mithin $4(M + m)x^2 = 4(MC + mc)x$, und daraus findet man

$$MV^2 + mv^2 = MC^2 + mc^2$$ d. h.

die Summe der beyden Produkte aus den Maſſen in die Quadrate ihrer Geſchwindigkeiten ſind vor und nach dem Stoße gleich groß. Dieß iſt einer von den beyden Sätzen, welche Huygens der königlichen Societät zu London im Jahre 1669 nachſendete. Man hat hiebey in allen beſondern Fällen gar keine Rückſicht auf die Zeichen + und — zu nehmen, indem Quadrate der Geſchwindigkeiten und Maſſen beſtändig poſitiv ſind, die Bewegungen mögen nach Richtungen erfolgen, nach welchen man will. Demnach iſt der Satz völlig allgemein wahr, und die Zweydeutigkeit, welche ſonſt wol bey algebraiſchen Summen ſtatt finden kann, fällt hier gänzlich weg.

10. Bewegen ſich die Maſſen M und m mit den Geſchwindigkeiten C und c, ſo geht ihr gemeinſchaftlicher Schwerpunkt mit der Geſchwindigkeit $\frac{MC + mc}{M + m} = x$ fort. Nach dem Stoße wird vermöge n. 8. $MV + mv = MC + mc$, und dieſe Ausdrücke durch $M + m$

M + m dividirt, geben die Geſchwindigkeit des Schwerpunktes nach dem Stoße ebenfalls = x, gerade ſo groß und in eben der Richtung, wie ſie vor dem Stoße war. Es wird alſo der Zuſtand des gemeinſchaftlichen Schwerpunktes vor und nach dem Stoße nicht geändert, und wenn man ſich die Summe der Maſſen M + m in ihm vereinigt vorſtellt, ſo iſt die Größe der Bewegung des gemeinſchaftlichen Schwerpunktes vor und nach dem Stoße gleich; nämlich = (M + m) x. Auch dieſen Satz hatte bereits Huygens als Anmerkung ſeinen Geſetzen des Stoßes elaſtiſcher Körper, die er an die Societät überſendet hatte, beygefügt.

Die drey letzten Sätze ſind in dem Carteſianiſchen Streite über das Kräſtenmaaß häufig gebraucht worden, wovon in der Folge.

Dieß ſind nun die Geſetze des Stoßes, welche in dieſem Zeitraume entdeckt wurden, und von welchen ſich bereits Wrenn vor ſeiner Bekanntmachung derſelben durch Erfahrung überzeugt hatte.

Vom ſchiefen Stoße führt Wallis bloß dieſen einzigen Satz an, daß ein elaſtiſcher Körper gegen einen feſt ſtehenden ſchief geſtoßen von demſelben mit gleicher Geſchwindigkeit und unter eben dem Winkel, als er auffiel, zurückprelle. Die Theorie vom ſchiefen Stoße iſt erſt nach der Zeit entwickelt worden.

Gleichgewicht feſter Körper.

Ich halte gleich anfänglich für nöthig zu erinnern, daß meine Leſer in dieſem und in dem folgenden Artikel keine vollſtändige Geſchichte der hieher gehörigen Wiſſenſchaften zu erwarten haben, indem dieſe nothwendig

dig der Geſchichte der Mathematik vorbehalten werden müſſen. Ich werde bloß die wichtigſten Erfindungen aus dieſen Theilen der Mathematik anführen, welche der Phyſiker zur gründlichen Beurtheilung der Naturphänomene wiſſen muß.

Durch die Bemühungen des Holländers Simon Stevin und des Italiäners Galilei war bereits die Statik mit einigen Entdeckungen bereichert worden. (S. 75.). Inzwiſchen waren aber manche Lehren noch lange nicht zur gehörigen geometriſchen Evidenz gekommen. In der Lehre vom Hebel beſonders hatte man den Archimediſchen Beweis des Geſetzes, das beym Hebel ſtatt findet, immer noch beybehalten. Archimedes bewieß es aus der Lehre vom Schwerpunkte, und hatte ihm die Wendung gegeben, daß er zeigte, es ſey kein Grund vorhanden, warum ſich der Hebel unter der angenommenen Vorausſetzung, welche das Geſetz enthält, auf die eine Seite eher, als auf die andere drehen ſollte, daher er ſich gar nicht drehe. Gegen dieſen Beweis erinnerte aber Iſaak Barrow (ſtarb zu London im Jahre 1677.) ſehr richtig, es ſey dabey unerwieſen angenommen, daß der Schwerpunkt einerley bleibe, man möge Körper verbinden oder trennen [h]). Daher ſuchte Carteſius [i]) die ganze Statik aus dem neuen Grundſatze abzuleiten, daß das wahre Vermögen einer bewegenden Kraft dem Produkte aus der Maſſe in die Geſchwindigkeit gleich ſey. Wenn ſich nämlich der Hebel (fig. 52.) ab mit den beyden Gewichten a und b um ſeinen Ruhe-

h) *Archimedis* libri de aequi ponderantibus lib. I. prop. VI. in opp. per *Iſaacum Barrow*. Lond. 1675. 4.

i) Tractat. de mechanica in opuſc. poſth. Amſtel. 1701. 4.

Ruhepunkt c in die Lage dce drehet, ſo verhalten ſich die bewegten Gewichte wie a: b, und die Geſchwindigkeiten derſelben wie die in gleicher zurückgelegten Wege oder Bogen ad und be. Wegen der Aehnlichkeit der beyden Sektoren acd und cbe verhalten ſich aber die Bogen ad und be wie die dazu gehörigen Halbmeſſer ac und cb, mithin ſind auch die Geſchwindigkeiten ad und be in dem Verhältniſſe der Halbmeſſer ca und cb. Folglich verhalten ſich nach Carteſius Grundſatze die Kräfte, mit welchen ſich die Gewichte a und b bewegen, wie $a \times ac : b \times bc$. Verhält ſich nun $a : b = cb : ca$, ſo folgt

$$a \times ac = b \times bc,$$

oder die bewegenden Kräfte ſind einander gleich, ſtreben aber den Hebel auf entgegengeſetzte Art zu drehen, folglich müſſen ſie nach dem allgemeinen Satze, daß ſich zwey gleiche Kräfte, die auf einander nach entgegengeſetzter Richtung wirken, das Gleichgewicht halten, in Ruhe bleiben. Dieſer ſehr ſinnreiche Beweis beruhet alſo eigentlich darauf, daß einerley Kraft erfordert werde, 1 Pfund 3 Fuß hoch, und 3 Pfund 1 Fuß hoch in einerley Zeit zu heben u. ſ. w. Indeſſen ſcheint er doch die mathematiſche Schärfe noch nicht erreicht zu haben, weil das vorausgeſetzte Kräftenmaaß für einen Grundſatz nicht einleuchtend genug iſt. Gleichwol haben ihn die meiſten mechaniſchen Schriftſteller nach Descartes bey ihren Lehren eine geraume Zeit beybehalten.

Die Anwendung des Hebels zur Verſtärkung der angewandten Kraft iſt bekannt genug, nur findet beym einfachen Hebel vorzüglich dieſe Unbequemlichkeit ſtatt, daß man die zu bewegende Laſt damit nicht ſehr hoch heben kann. Indeſſen hat man auch dieſer Unbequem-

lich-

lichkeit dadurch abzuhelfen geſucht, daß man Vorrichtungen ausgeſonnen hat, bey welchen ein Hebel auf abwechſelnden Unterlagen ruhen kann, von welchen die folgende immer höher liegt, als die vorhergehende, ſo daß nach und nach der Hebel mit der daran befindlichen Laſt immer höher gebracht wird. Solche Vorrichtungen haben den Nahmen der Hebladen erhalten. Ein franzöſiſcher Schriftſteller [k]) hat ſolche zum erſtenmale unter dem Nahmen Levier ſans fin, und von dieſem Schwenter [l]) ſie ſehr undeutlich angeführt. Leupold [m]) hat ſie deutlicher beſchrieben und abgebildet.

Die Natur hat ſich beym Baue des thieriſchen Körpers des Hebels häufig bedient, ſie wählte dabey aber eine Art des Hebels, bey welcher nicht ſowol eine Erſparniß der Kräfte, als vielmehr dieß beabſichtiget wurde, daß die Bewegung ſchnell erfolgen ſollte, und daß die Muſkeln in den möglichſt kleinſten Raum gebracht werden, und ſich ſelbſt unter einander in ihren Verrichtungen nicht ſtören möchten. Der erſte, welcher über dieſen Gegenſtand Unterſuchungen anſtellte, war Alphonſus Borellus [n]) in einem Werke, welches noch jetzt als eines der vorzüglichſten anzuſehen iſt. Es würde zu weitläuftig und dem Zwecke zuwider ſeyn, das wichtigſte aus dieſem Werke mitzutheilen, da das meiſte davon mehr in die Phyſiologie

k) Récreations mathematiques. Rouen 1634. Part. II. probl. 21.

l) Mathematiſche Erquickſtunden. Nürnb. 1651. 4. 15 Th. 23 Aufg.

m) Theatrum machinarium Cap. V. Taf. 16. 17.

n) De motu animalium. Romae 1680. 4.

gie als hieher gehört. Ich führe nur etwas weniges an, um daraus zu beurtheilen, wie Borellus dabey zu Werke gegangen iſt. Wie erſtaunenswürdig groß die Kraft der Muſkeln iſt, welche durchs Zuſammenziehen derſelben hervorgebracht werden kann, zeigt Borellus durch eine Rechnung von einem erwachſenen geſunden Menſchen, welcher mit niedergebogenem Leibe und eingebogenen Knieen eine ſehr ſchwere Laſt in die Höhe heben will; für dieſen Fall findet er, daß die Knorpeln und Muſkeln des Rückgrades eine Kraft von 25585 Pfund anwenden müſſen. In andern Fällen, wo die zugleich mit in Bewegung kommenden Knochen als Wurfhebel zu betrachten ſind, bey welchen die Kraft eine ſehr geringe Entfernung vom Ruhepunkte und eine ſchiefe Richtung, mithin ein ſehr geringes Moment hat, weshalb die Kraft ſehr groß ſeyn muß, um nur einen geringen Widerſtand zu überwältigen, wird man die Stärke der Muſkelkraft noch weit mehr bewundern. Den Arm z. B. betrachtet er als eine Zuſammenſetzung mehrerer Hebel, und berechnet die Kräfte aller bey deſſen Ausſtreckung mitwirkenden Muſkeln, ſelbſt der in den Fingern. Er fand, daß die ſämmtlichen Kräfte dieſer Muſkeln auf 1990 Pfund zu ſchätzen waren, um ein an den Fingern befindliches Gewicht von $9\frac{1}{2}$ Pfund im Gleichgewichte zu erhalten.

Auch gründet ſich auf die Lehre vom Hebel die wichtige Lehre vom Schwerpunkte, welche die Mathematiker in dieſem Zeitraume mit vielem Fleiße bearbeitet haben. In einem jeden Körper giebt es einen Schwerpunkt, welcher unterſtützt ſeyn muß, wenn er nicht umfallen ſoll. Borellus hat in ſeinem angeführten Werke den Mechaniſmus des Stehens, Sitzens,

Auf-

Aufſtehens, Gehens, Laufens u. ſ. w. aus dieſem Satze zu erklären geſucht. Er zeigt, daß ein Menſch auf zwey Füßen ſicherer ſtehen kann, als auf einem, weil in jenem Falle die unterſtützte Grundfläche größer, als in dieſem, iſt. Das Gehen und Laufen iſt nichts weiter, als ein beſtändig erneuertes und wieder unterbrochenes Fallen. Trägt der Menſch eine Laſt, ſo fällt alsdenn der gemeinſchaftliche Schwerpunkt des Körpers und der Laſt weiter von dem Körper ab, nach der Gegend zu, wo die Laſt iſt. Daher kommt es, daß der Träger jederzeit ſeinen Leib oder andere Theile des Körpers nach der entgegengeſetzten Seite beugt oder ſtreckt, um den gemeinſchaftlichen Schwerpunkt in ſeine vorige Stelle wieder zurückzubringen. Auch ein Sitzender muß, wenn er wieder aufſtehen will, entweder ſeinen Leib vorwärts beugen, oder ſeine Füße zurückziehen, um ſeinen Schwerpunkt unter die Füße zu bringen, wie auch ſchon Ariſtoteles anführt. Es würde zu weitläuftig ſeyn, noch mehrere Erſcheinungen anzuführen, welche alle auf die Lehre vom Schwerpunkte ſich gründen.

Aus dem angeführten erhellet, daß das erſte ſtatiſche Grundgeſetz noch keine feſte Stütze hatte, ſo ſehr auch die in dieſem Zeitraume lebenden Mathematiker ſich bemüheten, das Gebäude der Mechanik zu erweitern. Indeſſen gilt doch das von Carteſius angenommene Grundgeſetz im gewiſſen Sinne bey allen übrigen einfachen Maſchinen; daher war es um deſto nöthiger, den wahren ſtatiſchen Grundſatz aufzufinden, aus welchem ſelbſt Carteſen's Satz als eine Folge abgeleitet werden konnte. Erſt de la Hire war hierinn einiger Maaßen glücklich, wie die Folge weiter zeigen wird.

Gleichgewicht und Bewegung tropfbar flüſſiger Körper.

Die merkwürdigen hydroſtatiſchen Sätze, welche bereits der Holländer Simon Stevin (S. 78. f.) angeführt hatte, ſind von dem Franzoſen Blaiſe Pascal (geb. 1623 zu Clermont, ſtarb im 39ten Jahre ſeines Alters) in einer Schrift [o]), die erſt nach ſeinem Tode herauskam, von neuem vorgetragen, und mit den nämlichen Verſuchen beſtätiget worden. Er ſchließt daher auch mit Simon Stevin, daß eine kleine Waſſerſäule einem großen Gewichte das Gleichgewicht halten könne. Uebrigens beweiſen dieſe Verſuche mit unläugbarer Gewißheit, daß die flüſſigen Materien nach allen möglichen Richtungen drucken, und dieſen Druck nach denſelben fortpflanzen, welches bey feſten Körpern keineswegs ſtatt findet. Daraus muß aber nothwendig eine große Abweichung zwiſchen den hydroſtatiſchen und ſtatiſchen Geſetzen entſtehen. Auch ſind wirklich alle Verſuche, die Hydroſtatik aus der Statik feſter Körper abzuleiten, völlig mißlungen.

Endlich wurde im Jahre 1664 der große Experimentator Robert Boyle [p]) veranlaßt, über das Gleichgewicht mehrere Verſuche anzuſtellen, und ſeine dadurch gefundenen Reſultate unter dem Nahmen der hydroſtatiſchen Paradoxen allgemein bekannt zu machen. Die meiſten der damaligen Philoſophen lehrten, daß das Waſſer im Waſſer, die Luft in der Luft nicht ſchwer ſey, daß eine leichtere Flüſſigkeit gegen eine ſchwerere keinen Druck ausübe u. ſ. f. Nothwendig mußte es alſo Boyle'n auffallend ſeyn, durch ſei-

o) Traité de l'équilibre des liqueurs et de la peſanteur de la maſſe de l'air. Paris 1663. 12.

p) Paradoxa hydroſtatica. Genevae 1680. 4. in opp. var.

ſeine Verſuche gerade das Gegentheil zu finden, und wahrſcheinlich iſt dieß der Grund, warum er ſeinen hydroſtatiſchen Sätzen den Nahmen der Paradoxen gab. Er bewieß außer den von Simon Stevin bereits angezeigten Sätzen folgende hydroſtatiſche Wahrheiten.

1. Die untern Theile einer in einem Gefäße befindlichen flüſſigen Materie werden von den über ihnen liegenden gedruckt. Dieſen Satz beweißt er durch folgenden Verſuch. Er nahm eine auf beyden Seiten offene Glasröhre etwa von $\frac{1}{6}$ Zoll im Durchmeſſer, füllte ſie mit reinem Oele an, und brachte ſie in das mit Waſſer angefüllte Gefäß. Nachdem nun dieſe Röhre auf beyden Seiten offen war, ſo fand er, daß das Oel in der Röhre aus der untern Oeffnung nicht auslief, ſondern vielmehr in derſelben noch etwas höher über der Waſſerfläche ſtehen blieb, und daß dieſe Höhe über der Waſſerfläche deſto größer wurde, je tiefer er dieſe Röhre unters Waſſer druckte. Boyle konnte hiervon natürlich keinen andern Grund finden, als daß das Gewicht der Oelſäule durch einen Gegendruck in der Waſſerſchichte, in welcher die untere Oeffnung der Röhre ſich befand, erhalten werde, und daß dieſer Gegendruck deſto größer ſeyn müſſe, je tiefer die Röhre hinabkam. Daraus folgerte er nun, daß die untern Theile des Waſſers von den über ihnen liegenden gedruckt würden.

2. Eine jede leichtere flüſſige Materie müſſe gegen eine ſchwerere einen Druck ausüben. Dieſen Satz beweißt er unter andern durch folgenden Verſuch: eine mit Waſſer angefüllte Glasröhre ſenkrecht in ein mit Oel gefülltes Gefäß bis

 auf

auf eine gewiſſe Tiefe gebracht ließ kein Waſſer aus der untern Oeffnung heraus; ja das Waſſer ſtieg deſto höher hinauf, je tiefer die Röhre ins Oel gedruckt wurde. Es mußte daher nothwendig das Oel, als eine leichtere Materie, gegen das Waſſer, als einer ſchwereren, einen Druck ausüben.

3. Es iſt möglich, daß das Waſſer einen leichtern Körper, als es ſelbſt iſt, ſinken laſſen kann. Um dieſen Satz zu erweiſen, nahm Boyle eine gebogene Röhre mit zwey ungleichen aufwärts gekehrten und offenen Schenkeln, und goß in ſelbige Oel. Nachdem er nun die Mündung des längern Schenkels mit dem Finger verſchloſſen hielt, tauchte er die Röhre ſo ins Waſſer, daß die Mündung des kürzern Schenkels unter die Oberfläche des Waſſers kam. Hierauf that er den Finger weg, und das Waſſer brachte durch ſein Gewicht das Oel in dem kürzern Schenkel zum Sinken, während es in dem längern aufwärts ſtieg.

4. Auch könne ein Theil einer leichtern flüſſigen Materie, als das Waſſer iſt, in demſelben, ohne aufzuſteigen, ſich befinden. Dieſen Satz erwieß er durch folgenden Verſuch; er tauchte zuerſt eine gerade Röhre ins Waſſer, zog ſie hierauf wieder heraus, indem er die obere Oeffnung mit dem Finger verſchloſſen hielt; hiernächſt brachte er ſie in Oel, und that den Finger von der Oeffnung weg; endlich brachte er ſie zum drittenmale auf eben dieſe Art ins Waſſer. Da er nun die Röhre in dem mit Waſſer angefüllten Gefäße ließ, ſo mußte das Oel, welches das Gewicht der über ſelbigem liegenden Waſſerſäule nicht überwinden konnte, zwi

zwiſchen der obern und untern Waſſerſäule ſtehen bleiben.

5. Ein jeder feſter Körper, ſo viel er auch wiege, könne im Waſſer zu keiner größern Tiefe hinabſinken, als die zwanzigmal größer wie ſeine Dicke wäre, wenn er nicht von der auf ihm ruhenden Waſſerſäule niedergedruckt würde. Boyle hatte nämlich durch ſeinen dritten Satz bewieſen, daß ein jeder ins Waſſer eingetauchte feſte Körper durch den Druck des Waſſers gegen ſeine untere Fläche nach oben zu geſtoßen werde. Könnte man nun, ſagt er, den Druck, welchen die über dem feſten Körper liegende Waſſerſäule auf ihn ausübt, wegnehmen, ſo würde er das unter ihm befindliche Waſſer nur durch ſein eigenes Gewicht drucken; mithin würde er zu ſinken aufhören, ſobald er eine Tiefe erreicht hätte, wo das Gewicht der auf ihn druckenden Waſſerſäule ſeinem Gewichte gleich wäre. Da man nun das Gold als den ſchwerſten Körper kenne, welcher noch nicht 20 mal ſchwerer als das Waſſer ſey, ſo folge hieraus, daß ein Goldſtück von einem Zoll hoch, welches noch nicht 20 Waſſerzolle wiege, ſchon zu ſinken aufhören würde, noch ehe es dieſe Tiefe erreicht habe, wenn nicht das obere Waſſer darauf drucke.

Man ſieht leicht ein, daß alle die von Boyle angeführten hydroſtatiſchen Paradoxen ſehr leicht aus dem Satze, daß eine flüſſige Materie nach allen möglichen Richtungen gleichförmig drucke, abgeleitet werden können, welchen Satz auch ſchon Simon Stevin kannte. Boyle beſaß nur die Geſchicklichkeit, Verſuche, die auf einerley Princip hinweiſen, unter verſchiedenen Geſichtspunkten darzuſtellen.

Die Lehre von der Bewegung flüſſiger Körper iſt in dieſem Zeitraum weit glücklicher, als in der erſten Epoche bearbeitet worden. Da man überzeugt war, daß flüſſige Körper eben ſo gut, wie feſte, ſchwer wären, und folglich mit beſchleunigter Bewegung gegen den Mittelpunkt der Erde ſich bewegen müßten, wofern ſie nicht durch irgend ein Hinderniß aufgehalten würden, ſo war man auch bemühet, die Geſchwindigkeit, womit eine in einem Gefäße befindliche Materie aus irgend einer Oeffnung deſſelben ausſtrömt, und zugleich die Menge Waſſers, welche in einer gewiſſen Zeit abfließt, näher zu beſtimmen. Ein vorzügliches Licht erhielt beſonders die Lehre vom Saugen der Waſſerpumpen und Heber, von welchen die Alten ſo ſchöne Kunſtwerke hinterlaſſen hatten, ohne jedoch ihre Wirkung richtig erklären zu können.

Wenn man die Erfahrung zu Hülfe nimmt, ſo wird man leicht bemerken, daß die Geſchwindigkeit und die Waſſermenge, die aus einer Oeffnung eines Gefäßes in einer gegebenen Zeit abfließt, auf die Höhe des Waſſers im Gefäße über der Oeffnung ankomme. Denn je größer dieſe Höhe iſt, deſto geſchwinder wird es aus einer Oeffnung im Boden ablaufen, und aus einer Seitenöffnung des Gefäßes wegſpritzen. Ohne Zweifel war ſchon dieſe gemeinſte Erfahrung Veranlaſſung genug, dieſe Gegenſtände näher zu unterſuchen. Man wußte noch nicht, wie die Geſchwindigkeit des ausſtrömenden Waſſers mit ſeiner Höhe zuſammenhange. Der erſte, welcher hierüber etwas beſtimmtes durch Erfahrung lehrte, war der Benedictiner vom Monte Caſino um 1640, Dom Benedikt Caſtelli q). Er glaubte vermöge ſeiner Verſuche gefunden

zu

q) Della miſura dell' acqua correnti. Dieſe kleine Schrift befin=

zu haben, daß ſich die Geſchwindigkeit des ausfließenden Waſſers, wie ſeine Höhe verhalte. Allein ſeine Verſuche waren, wie man nachher gefunden hat, irrig. Auch widerſprach ihm ſchon im Jahre 1644 Evangeliſta Torricelli r); dieſer behauptete nämlich, die Geſchwindigkeit des Waſſers verhalte ſich wie die Quadratwurzel ſeiner Höhe, und berief ſich dieſerwegen auf einen Verſuch des Raphael Maggiotto. Von dieſer Torricelliſchen Beſtimmung ſuchte Baliani s) einen Beweis zu geben. Torricelli aber glaubte, es ſey dieß an und für ſich ſchon ſo einleuchtend, daß man ſie ohne Beweis als ausgemacht vorausſetzen könne. Nach Torricelli's Beſtimmung läuft alſo das Waſſer aus der Oeffnung eines Gefäßes mit derjenigen Geſchwindigkeit, welche ein Körper, der von der Höhe der Oberfläche des Waſſers bis zur Oeffnung im Gefäße frey herabfiele, erlangen würde.

Wenn ſich die Oeffnung in der Seitenwand eines Gefäßes befindet, ſo iſt alsdenn das abfließende Waſſer gerade im Falle der geworfenen Körper, und ſeine Bahn wird, wie Torricelli angiebt, paraboliſch. Er fand, daß dasjenige Waſſer, welches in der Mitte ſeiner Höhe ausſtrömt, am weiteſten ſpringt, und daß diejenigen Bogenweiten der Waſſerſtrahlen, welche

befindet ſich gleich im Anfange der nuova raccolta d'autori che trattano del moto dell' acque. Parma 1766. ſqq. VII. Vol.

r) Del moto dei gravi. Firenz. 1644. 4.

s) De motu naturali gravium fluidorum ac ſolidorum. Genuae 1646. 4.

che in gleichen Entfernungen von dieſer Mitte oben und unten abfließen, einander gleich ſind.

Die Waſſermengen, welche in gleichen Zeiten aus gleichen Oeffnungen aber in verſchiedenen Höhen von der Oberfläche des Waſſers abfließen, und die Längen der paraboliſchen Bogen, die ſie beſchreiben, verhalten ſich wie die Quadratwurzeln der Waſſerhöhen über den Oeffnungen. Befand ſich die Oeffnung in einer Entfernung von der Oberfläche des Waſſers, welche viermal, neunmal u. ſ. f. tiefer lag, als eine andere, ſo war die Waſſermenge, die daraus abfloß, auch zweymal, dreymal u. ſ. f. größer. In eben dem Verhältniſſe ſtanden auch die Zeiten, während welchen ſich ungleich hohe und gleich weite Gefäße ausleerten. Dieß iſt auch eine nothwendige Folge des vorigen Satzes. Denn wenn das eine von zweyen Gefäßen viermal höher als das andere iſt, ſo braucht es zu ſeiner Ausleerung noch einmal ſo viele Zeit, iſt es neunmal höher, ſo braucht es dreymal mehr Zeit, als das andere Gefäß u. ſ. w.

Waren die Oeffnungen ungleich, ſo waren die abfließenden Waſſermengen in dem Verhältniſſe mit dem Produkte aus der Größe der Oeffnungen in die Geſchwindigkeiten.

Wenn ſich im wagrechten Boden eines mit Waſſer voll gefüllten Gefäßes ein kleines Loch befindet, ſo beweißt Torricelli, daß ſelbiges durch den Abfluß des Waſſers im folgenden Verhältniſſe ausgeleert wird. Wenn man nämlich die ganze Zeit, welche das Waſſer bis zur gänzlichen Ausleerung des Gefäßes gebraucht, in gleiche Theile theilt, und die in den letzten dieſer gleichen Zeiträume abfließende Waſſermenge = 1 ſetzt, ſo wird die in dem unmittelbar vorhergehenden oder

zwey=

zweyten Zeitraume abfließende = 3, und die im dritten Zeitraume ausſtrömende = 5 u. ſ. f. in der Folge der ungeraden Zahlen 1, 3, 5, 7, 9, 11 u. ſ. f. ſeyn. Torricelli bewieß alſo, daß die Waſſermengen, welche bey der gänzlichen Ausleerung aus einem Gefäße in gleichen Zeiten aus ſelbigen abfließen, immer mehr und mehr abnehmen, wie dieß auch nicht anders erfolgen kann. Denn da beym noch völlig angefüllten Gefäße die unterſte Waſſerſchichte den größten Druck leidet, ſo muß auch die Geſchwindigkeit im Augenblicke des anfänglichen Abfließens am größten ſeyn, durchs Herabſinken des Waſſers im Gefäße aber wird der Druck immer geringer, mithin auch die Geſchwindigkeit beym Abfluſſe kleiner, bis ſie zuletzt am kleinſten iſt.

Weil ſich die ausfließenden Waſſermengen, wie ihre Geſchwindigkeiten verhalten, ſo folgen dieſe nach Torricelli's Verſuche in der Reihe der ungeraden Zahlen 1, 3, 5, 7, 9, 11 u. ſ. f. auf einander, wenn man von der letzten abfließenden Waſſerſchichte zu zählen anfängt. Fängt man aber vom erſten Augenblicke oder von der erſten Waſſerſchicht zu zählen an, ſo iſt ihre Folge umgekehrt ꝛc. 11, 9, 7, 5, 3, 1. Senkrecht in die Höhe geworfene Körper verhalten ſich in Anſehung der Abnahme ihrer Geſchwindigkeiten genau eben ſo. Es befolgen daher die flüſſigen Materien bey ihrem Abfließen die nämlichen Geſetze, durch welche der Fall der Körper beſtimmt wird, wie es auch nothwendig ſeyn muß.

Wenn die Oeffnung im Gefäße eine ſolche Lage hat, daß das Waſſer wieder ſenkrecht aufſteigen muß, wie dieß der Fall bey den gewöhnlichen Springbrunnen iſt, ſo würde es nothwendig auf die Waſſerhöhe im Gefäße wieder aufſteigen müſſen, wenn nicht an-

dere

dere Hinderniſſe entgegen wären, wie Torricelli mit Recht behauptete. Hierdurch glaubte Torricelli vorzüglich Grund zu der Behauptung zu haben, daß das Abfließen des Waſſers aus einer Geſchwindigkeit erfolge, die der Quadratwurzel der Waſſerhöhe gleich iſt.

Auch der P. Merſenne hatte einen Antheil an dem Verdienſte, die Lehre von der Bewegung der flüſſigen Materien gründlicher, als vormals geſchehen war, zu behandeln. Er gab ſeine Schrift hierüber in eben dem Jahre, als Torricelli die ſeinige, heraus [e]). Merſenne glaubt, wie Torricelli, daß ſich die Geſchwindigkeit, womit das Waſſer aus der Oeffnung eines Gefäßes ausläuft, wie die Quadratwurzel der Waſſerhöhe verhalte. Alle übrige von Torricelli angeführten Sätze beweißt ebenfalls Merſenne. Wenn ein cylindriſches Gefäß mit wagrechtem Boden nahe an dieſem zur Seite eine Oeffnung von einer Pariſer Linie beſaß, ſo fand Merſenne nach der Verſchiedenheit der Waſſerhöhe in dem Gefäße die Weite des horizontal herausſpringenden Waſſerſtrahls die Reſultate, die folgende kleine Tabelle anzeigt.

Waſſerhöhe im Gefäße.	Weite des Waſſerſtrahls.
1 Fuß	1 Fuß 10 Zoll
2 —	2 — 6 —
3 —	3 — — —
4 —	3 — 5 —
5 —	4 — — —
6 —	4 — 4 —
12 —	5 — 6 —
18 —	6 — 6 —
26 —	8 — — —
50 —	10 — — —

Die

e) Phaenomena hydraulica pneumatica etc. Pariſ. 1644. 4.

Dieſe Reſultate gebrauchte er zur Beſtimmung der krummen Linie, welche der ausſpringende Waſſerſtrahl beſchreibt. Er fand, daß dieſe Curve keine vollkommene Parabel war, ſondern deſto mehr von dieſer Geſtalt abweiche, je mehr ſich der Waſſerſtrahl gegen die Erde herabſenkte. Auch giebt er hievon die richtige Urſache an. Er ſagt nämlich, der Grund, warum der Waſſerſtrahl keine vollkommene Parabel beſchreibe, liege in dem Widerſtande der Luft. Denn dieſe zertheile den Strahl in ſehr kleine feine Theilchen gleichſam wie in einen Staub, und gebe dadurch zu erkennen, daß ſie der Bewegung des Waſſerſtrahls gerade entgegen wirke.

Aus dem Widerſtande der Luft erklärt Merſenne zugleich das langſame Herabfallen der Regentropfen aus den in einer oft ſo beträchtlichen Höhe über der Erdfläche in der Atmoſphäre ſchwebenden Wolken. So könnten die Regentropfen um ein beträchtliches ſchwerer, als feſte Körper ſeyn, und gleichwol viel langſamer als dieſe von einerley Höhe herabfallen. Denn in jene könne die Luft, weil ihre Theile keinen Zuſammenhang zeigten, eindringen, und in ſehr kleine Theile theilen, welches bey den feſten Körpern wegen der ſtarken Cohäſion ihrer Theile nicht möglich ſey [u]).

Auch leitete Merſenne zum Theil von dem Widerſtande der Luft den Grund her, warum der Waſſerſtrahl, der aus der Oeffnung eines Gefäßes ſenkrecht in die Höhe zu ſteigen genöthigt ſey, nicht auf die Waſſerhöhe im Gefäße ſteigen könne. Er fand, daß das Waſſer aus einem 64 Fuß hohen Gefäße nur auf eine Höhe von 48 Fuß, und aus einem 24 Fuß hohen nur 18 Fuß hoch ſtieg.

Ueber

u) ibid. prop. XXIII.

Ueber die Bewegung der flüſſigen Materien, welche beſonders durch Wegnahme der Luft in luftdichten Röhren oder durchs Saugen erfolgt, ward in dieſem Zeitraume ein vorzügliches Licht verbreitet. Alle hieher gehörige Erſcheinungen, die gemeine Saugpumpe, der Heber, gewiſſe Arten von Springbrunnen, alle Waſſerkünſte, welche als Saugwerke anzuſehen ſind, u. d. gl. hatte man bisher aus der Vermeidung der Natur für den leeren Raum zu erklären geſucht. Allein Galilei hatte bereits gefunden (S. 86.), daß es wirklich einen luftleeren Raum in der Natur geben könne, auch kannte er die Schwere der Luft; aber erſt ſein Schüler und Nachfolger im Lehramte Evangeliſta Torricelli, war ſo glücklich, die Schwere der Luft auf eine befriedigende Art darzuthun. Hierdurch ward unwiderſprechlich bewieſen, daß die Wirkung des Saugens eine Folge vom Drucke der Luft ſey. Da alſo alle Erſcheinungen des Saugens vom Drucke der Luft abhangen, ſo wird es vor allen Dingen nöthig ſeyn, zuerſt die Entdeckungen, welche die Luft angehen, zu erzählen, um alsdenn erſt die Wirkungen des Saugens richtig einzuſehen. Indeſſen konnten ſich doch die meiſten eine geraume Zeit noch nicht überreden, daß eine ſolche feine Materie, wie die Luft iſt, eine ſo beträchtlich ſtarke Kraft ausüben könne, um dadurch das Waſſer auf eine ſo beträchtliche Höhe zu bringen. Daher findet man auch in dieſem Zeitraume Sammlungen von Springbrunnen und Waſſerkünſten, wie z. B. beym Schwenter, Schott x) und andern, in welchen alles aus dem Abſcheu der Natur für den leeren Raum erklärt wird. Ja ſelbſt Merſenne, der doch Methoden [illegible] anführt,

x) Mechanica hydraulico - pnevmatica. Herbipoli 1657. 4.

anführt, die Schwere der Luft zu beſtimmen, hatte noch den ſonderbaren Gedanken, daß man ſich die Lufttheilchen als kleine Häkchen vorſtellen müſſe, welche beym Saugen das Waſſer mit in die Höhe zögen. Man ſieht hieraus wieder ein Beyſpiel, wie ſchwer es iſt, ſich von alten eingewurzelten Begriffen los zu machen, wenn gleich ihre Ungereimtheiten klar erwieſen ſind.

Auch ſind in dieſem Zeitraume die beyden Arten der ſogenannten Aräometer, welche nach dem verſchiedenen Gebrauche, Waſſer- Bier- Wein- Solwage u. ſ. f. genannt werden, bekannt geworden. Die eine Art beruht darauf, daß ſich das Aräometer in zweyen flüſſigen Materien von verſchiedenem ſpecifiſchen Gewichte gleich tief eintauche. Da es nun bekannt iſt, daß ein ſchwimmender Körper in einer ſpecifiſch leichtern Materie tiefer, als in einer ſpecifiſch ſchwerern eintaucht, ſo ſieht man leicht, daß man bey einem Aräometer Gewichte von dieſer Art anbringen müſſe, damit es ſich in der ſchwerern flüſſigen Materie eben ſo tief, wie in der leichtern, eintauche. Bey dieſem Aräometer findet nun der Satz ſtatt, daß ſich die ſpecifiſchen Gewichte zweyer verſchiedenen flüſſigen Materien zu einander verhalten, wie die Gewichte, die man demſelben hat geben müſſen, um ſich in beyden gleich tief einzuſenken. Der erſte, welcher ein ſolches Aräometer anführt, iſt Monconnys (ſtarb 1665), ein Arzt, zu Lion. Es beſtehet dieſes aus einer gläſernen oder meſſingenen Kugel mit einem in eine Spitze zulaufenden kegelförmigen Halſe, an welcher ſich unten noch eine andere kleinere mit etwas Queckſilber oder Schrot beſchwert befindet; die Gewichte hiezu ſind wie Ringe geformt, welche an den

Hals

Hals geſteckt werden, damit ſich das ganze Inſtrument bis zur Spitze in jeder flüſſigen Materie eintauche.

Bey der zweyten Art wird vorausgeſetzt, daß das Aräometer ein unverändertes Gewicht behalte, und bey dieſem gilt der Satz, daß ſich die ſpecifiſchen Gewichte der beyden flüſſigen Materien, in welche dieß Aräometer eingetaucht wird, umgekehrt wie die Räume verhalte, um welche ſich das Aräometer in ſelbigen eingetaucht hat. Dieſe Art von Aräometern haben Kircher [y]) und Boyle [z]) beſchrieben. Dieſes Werkzeug beſtehet aus einer dünnen gläſernen Kugel (fig. 53.) c, an welcher ein langer dünner Stiel ab und eine kleinere gläſerne Kugel b angeblaſen wird, welche letztere Queckſilber oder Schrot enthält, damit der Schwerpunkt des ganzen Inſtrumentes tief herab gebracht, folglich dieſes beym Einſenken in einer flüſſigen Materie aufrecht ſtehend erhalten werde. Endlich wird noch der Stiel ab gehörig graduirt. Dieſe Art der Aräometer ſteht zwar der erſtern Art weit zurück; indeſſen iſt ſie lange Zeit im Gebrauche geweſen, und wird ſelbſt heutzutage noch vielfältig gebraucht.

Von dem Archimediſchen Probleme (S. 88.) haben die Mathematiker in dieſem Zeitraume verſchiedene Auflöſungen verſucht, dabey aber immer vorausſetzen müſſen, daß der Raum der Miſchung der Summe der Räume beyder Theile, die in die Vermiſchung kommen, gleich ſey. Daß aber dieß letztere in der Natur bey den wenigſten Materien, die mit einander vermiſcht werden, ſtatt habe, fand ſchon der berühmte deut-

y) Mundus ſubterraneus. T. I. lib. V. cap. V.

z) Philoſoph. Tranſact. num. 24. p. 447.

deutſche Chemiker Glauber [a]). Dieſer goß nämlich in einerley Kugelform 2 Kugeln von Kupfer und 2 Kugeln von Zinn, ſchmolz alle 4 zuſammen, und fand, daß die Miſchung noch nicht völlig drey Kugeln in eben der Form gab, obgleich ihr Gewicht gerade ſo groß als die Summe der Gewichte aller 4 Kugeln, mithin von der ganzen Maſſe nichts verlohren gegangen war. Man wird wol leicht darauf verfallen, daß es auch Maſſen geben könne, welche in ihrer Vermiſchung einen größern Raum einnehmen, als ſie vor der Vermiſchung zuſammen einnahmen. Ob dieſe Vermuthung richtig ſey, haben erſt neuere Verſuche gelehrt, die in die folgenden Zeiträume gehören. Aus Glaubers Verſuche iſt aber auch ſchon klar, daß die Rechnungen, wodurch man aus den nöthigen Datis die Gewichte der in die Miſchung gekommenen Theile beſtimmt, nicht in aller Strenge richtige Reſultate geben.

Erſtes Kapitel.

Entdeckungen in der Lehre vom Gleichgewichte und der Bewegung der Luft.

Schwere der Luft.

Die Schwere der Luft iſt eine von den wichtigſten und merkwürdigſten Entdeckungen, welche in dieſ-

a) Furni novi philoſophici, oder Beſchreibung einer neu erfundenen Deſtillirkunſt. Amſt. 1661. 8.

dieſem Zeitraume gemacht worden ſind. Sie giebt das ſicherſte Beyſpiel ab, daß nur durch Erfahrung, nicht durch Spekulation, die ſicherſten Fortſchritte in den vortreflichen Werken der Natur gemacht werden können. Wer hätte wol glauben ſollen, daß die Luft, eine ſo feine unſichtbare flüſſige Materie, einen ſo ſtarken Druck auszuüben vermöge? Natürlich mußte dieß den meiſten damaligen Naturforſchern außerordentlich auffallend ſeyn, da ſie noch lehrten, das Waſſer drucke nicht im Waſſer. Die erſte Veranlaſſung zu dieſer wichtigen Entdeckung gab die gemeine Saugpumpe. Nachdem nämlich Galilei erkannt hatte, daß das Waſſer in Saugpumpen nicht über 32 Fuß Höhe gebracht werden konnte, und er überdem ſchon einen Begriff von der Schwere der Luft hatte, ſo kann man ſich leicht vorſtellen, daß einer von ſeinen Schülern leicht auf den glücklichen Gedanken kommen konnte, daß die Schwere der Luft die Urſache ſeyn würde, eine 32 Fuß hohe Waſſerſäule zu erhalten. Dieſen Gedanken hatte auch wirklich zuerſt Torricelli. Dieſer war vorzüglich darauf bedacht, es durch Verſuche auszumachen, ob wirklich die Schwere der Luft die alleinige Urſache von dieſer Erſcheinung ſey. Da aber Torricelli ſehr wohl einſahe, daß dergleichen Verſuche mit Waſſer ungemein große Schwierigkeiten haben würden, ſo verfiel er auf das 14 mal ſchwerere Queckſilber, und dachte, daß die Urſache, welche das Waſſer nur 32 Fuß hoch treibe und erhalte, auch das Queckſilber auf $\frac{32}{14}$ Fuß d. i. 27$\frac{1}{2}$ Zoll hoch treiben und erhalten werde. Torricelli brachte jedoch dieſen Verſuch ſelbſt nicht zu Stande, ſondern entdeckte vielmehr ſein Vorhaben ſeinem Freunde Vincentius Viviani, welcher ſich des Galilei letztern Schüler zu nennen pflegte. Dieſer führte den Verſuch im

Jahre 1643 mit glücklichem Erfolge aus. Zu dem Ende nahm er eine gläſerne Röhre einige Fuß lang, ſchmolz ſie an dem einen Ende zu, und füllte ſie durch das andere mit Queckſilber; hierauf verſchloß er dieſe Oeffnung mit dem Finger, kehrte ſie um, und brachte ſie verſchloſſen unter das in einem Gefäße befindliche Queckſilber. Nachdem er nun ſeinen Finger wegnahm, ſank das Queckſilber in der Röhre wirklich ſo weit herab, daß nur eine Queckſilberſäule von $27\frac{1}{2}$ Zoll Höhe über der Oberfläche des Queckſilbers im Gefäße ſtehen blieb, und der obere Theil der Röhre völlig luftleer war.

Dieſer Verſuch zeigte alſo, daß der Druck der Luft die wahre Urſache der Erhaltung der 27 bis 28 Zoll hohen Queckſilberſäule, mithin auch der 32 Fuß hohen Waſſerſäule ſeyn müſſe. Torricelli bemerkte aber gar bald, daß die Höhe des Queckſilbers in der gläſernen Röhre nicht beſtändig gleich ſey. Dieſes ließ ihn vermuthen, daß die veränderten Höhen der Queckſilberſäule mit den Veränderungen der Luftmaſſe in einer genauen Verbindung ſeyn könnten, und daß vielleicht die gläſerne Röhre ein Werkzeug abgeben könne, die abwechſelnden Veränderungen in der Luft anzugeben.

Torricelli meldete die Verſuche und Beobachtungen im Jahre 1644 ſeinem Freunde in Rom, dem Michael Angelus Ricci. In ſeinem erſten Briefe führt er an, daß er den Verſuch nicht allein dieſerwegen angeſtellt habe, um einen leeren Raum hervorzubringen, ſondern auch vorzüglich in der Abſicht, um ein Inſtrument zu verfertigen, an welchem man die Veränderungen der Luft erkennen könne, welche bald ſchwerer und dichter, bald leichter und feiner

 wäre.

wäre. Torricelli wurde jedoch von der weitern Unterſuchung durch den im Jahre 1647 erfolgten Tod abgehalten. Indeſſen ſchrieb Ricci von Rom aus dieſe Torricelliſchen Entdeckungen dem P. Merſenne nach Frankreich, welcher mit vielen damaligen Gelehrten der europäiſchen Länder im Briefwechſel ſtand. Durch dieſen erfuhr ſie auch der junge Pascal zu Clermont, welcher ſie wiederholte, und darüber im 23ten Jahre ſeines Alters eine kleine Abhandlung ſchrieb [b]). In dieſer nimmt er aber doch noch den Abſcheu gegen den leeren Raum an. Sie wurde überall herumgeſchickt, und Carteſius erhielt ſie in Holland, wo er ſich damals aufhielt. Dieſer ſoll darauf dem jungen Pascal ermahnt haben, mit der Queckſilberſäule einen Verſuch auf Bergen anzuſtellen, wo ſich zeigen würde, ob der Druck der Luft, welcher in der Höhe geringer als unten am Fuße der Berge ſeyn müßte, oder der überwundene Abſcheu des in der Röhre befindlichen leeren Raumes die Urſache ſey. Die Richtigkeit hievon ſcheint aus einigen ſeiner Briefe zu erhellen. So ſchrieb er im Juni 1649 an Carcavi unter andern alſo (T. III. ep. 64.): hoc tamen perſuaſum habeo tibi non diſpliciturum, quod te rogare audeam, ut me doceas ſucceſſum experimenti cujusdam, quod *D. Paſcal* feciſſe aut facere dicitur in montibus Averniae, ad ſciendum, utrum argentum vivum adſcendat ulterius in tubulo ad radices montis, et quantum altius aſcendat, quam in ejus acumine. Ius mihi eſſet hoc ipſum ab ipſo potius quam a te exſpectare, ideo quod ego ipſi, jam biennium effluxit, auctor fuerim ejus experimenti faciendum,

b) Expériences nouvelles touchans le Vuide. Paris 1645.

dum, eumque certum reddiderim, me de ſucceſſu non dubitare, quanquam id experimentum nunquam fecerim. Hiernächſt beklagt ſich auch Carteſius darüber, daß ihm Paſcal keine Nachricht gegeben habe, ob er wirklich den ihm angerathenen Verſuch in Ausführung gebracht habe oder nicht. Er vermuthet dieß Stillſchweigen möge vielleicht wegen der freundſchaftlichen Verbindung ſeines Gegners de Roberval's mit dem Paſcal herrühren. Nachdem ihn nun Carvaci darauf meldete, daß dieſer Verſuch mit dem glücklichſten Erfolg ausgeführt ſey (ep. 64.), ſo ſagt ihm Carteſius in einem andern vom 17. Aug. 1649. datirten Brief für dieſe Nachricht Dank (epiſt. 65.), und führt dabey noch dieſe Worte an: intererat mea id reſcire, ipſe enim petii ab illo, jam exacto biennio, ut id faceret, eumque pulchri ſucceſſus certum reddidi, quod eſſet omnino conforme meis principiis, abſque quo nunquam de eo cogitaſſet, eo quod contraria tenebatur ſententia. Auch ſcheint aus andern Briefen an den P. Merſenne zu erhellen, daß Carteſius ſchon vor der Entdeckung des Evangeliſta Torricelli den Druck der Luft gekannt habe. So ſchreibt er in dem 91ten Briefe (part. II.), welcher eine Critik von Galilei's Dialogen über die Bewegung enthält, von der daſelbſt erwähnten Pumpe, welche das Waſſer nicht über 18 Ellen habe heben wollen: quod obſervatum eſt de antliis; nempe illas non attrahere aquam ſupra 18 orgyarum altitudinem, non debet adſcribi vacuo, ſed materiae vel antliarum, vel aquae ipſius, quae inter embolum et tubum potius effluit, quam ut altius aſcendat, aut etiam aquae gravitati aeris gravitatem contraliberanti; und in dem 94ſten Briefe

 (part.

(part. II.) führt er noch dieſes an, quod aqua maneat in perforatis iſtis vaſibus, quibus ad rigandos hortos utuntur, non fit metu vacui — — ſed ex gravitate aeris. Die Data dieſer letzten Briefe ſind aber ungewiß, und andere Beyſpiele lehren, daß Carteſius nicht allemal gewiſſenhaft war, wenn es darauf ankam, ſich fremde Erfindungen zuzueignen. Indeſſen kann es gleichwol ſeine Richtigkeit haben, daß Carteſius dem jungen Paſcal ermahnet habe, Verſuche mit der Torricelliſchen Röhre auf Bergen anzuſtellen, denn nothwendig mußten ihm die Beobachtungen des Torricelli, die er aus Paſcal's kleinen Schrift kennen lernte, ungemein auffallend ſeyn, und da ihm ſchon durch Galilei's Schriften die Schwere der Luft nicht unbekannt war, ſo konnte es einem ſo großen Mathematiker, wie Carteſius war, gar ſehr einleuchten, daß die Erhaltung der Queckſilberſäule von dem Drucke der äußern Luft abhange. Denn ſey aber nun auch wie ihm wolle, ſo ward doch Paſcal veranlaßt, dieſe Sache etwas genauer zu unterſuchen. Er ließ durch ſeinen Schwager Perrier, Rath zu Clermont in Auvergne im Jahre 1648 auf dem Berge Puy-de-Dome Verſuche anſtellen. Dieſer bemerkte mit Vergnügen, daß das Queckſilber in der Röhre immer mehr von der Höhe herabfiel, je höher er den Berg hinaufkam, und auf dem Gipfel des 500 Toiſen hohen Berges war das Queckſilber in der Röhre 3 Zoll tiefer herabgefallen, als unten am Fuße des Berges. Paſcal ſelbſt fand das Queckſilber auf dem 24 Toiſen hohen Thurme der Kirche St. Jaques de la Boucherie in Paris über 2 Linien niedriger als unten. Dieß gab alſo wiederum einen offenbaren Beweis ab, daß der Druck der Luft die alleinige Urſache der Erhaltung

tung des Queckſilbers ſey; denn bey dem Hinaufſteigen auf dem Berge ward die Höhe der Luftſäule immer mehr verkürzt, mithin auch ihr Druck geringer, und daher mußte natürlich das Queckſilber in der Röhre immer tiefer herabfallen. Allein Paſcal gieng noch weiter, um ſich mit völliger Gewißheit vom Drucke der Luft zu überzeugen; er ſuchte eine ſolche Veranſtaltung zu treffen, wodurch die äußere Luft ganz weggenommen werden konnte; hier fand er, daß das Queckſilber in der Röhre augenblicklich bis zur Oberfläche des Queckſilbers in dem Gefäße, worin die Röhre ſtand, herabſank. Dieß alles ließ nunmehr dem Paſcal gar keinen Zweifel zurück, daß alle Erſcheinungen, welche man ſonſt dem Abſcheu der Natur für den leeren Raum zugeſchrieben hatte, ganz allein vom Druck der Luft abhange. Hierauf beſchrieb er ſeine Verſuche in einer vortrefflichen Schrift, welche aber erſt nach ſeinem für die Wiſſenſchaften zu frühen Tode (im Jahre 1653), zu Paris herauskam [c]). Durch dieſe Schrift ward nun auf einmal die ungegründete und nichts ſagende Erklärung der Peripatetiker gänzlich niedergeſchlagen. Man kann alſo mit Recht ſagen, daß außer dem Carteſius auch Paſcal einen Antheil an dem Siege über die ſcholaſtiſch-ariſtoteliſche Philoſophie und Naturlehre gehabt habe.

Inzwiſchen waren doch noch nicht die Vorurtheile gänzlich beſiegt, indem es immer noch einige gab, welche die alte Erklärung durch den Abſcheu der Natur für den leeren Raum beybehielten. Eine hiernach abgehandelte Hydraulik iſt noch des P. Schott mecha-

c) Traité de l'équilibre des liqueurs et de la peſenteur de la maſſe de l'air. Paris 1663. 12.

chanica hydraulico-pnevmatica. Dieſe glaubten daher, daß der Raum über dem Queckſilber in der gläſernen Röhre nicht vollkommen luftleer ſey, welches auch beſonders ein Verſuch, welchen Caspar Bertus in Rom nach Schotts Berichte [d]) anſtellte, zu beſtätigen ſchien. Es wurde nämlich eine einige 30 Fuß hohe und unten verſchloſſene Röhre mit Waſſer gefüllt, hiernächſt die obere Oeffnung zugemacht, und die untere, welche in ein Gefäß mit Waſſer gebracht war, geöffnet. Hier ſank nun das Waſſer in der Röhre ſo weit herab, bis es etwa 32 Fuß Höhe erreicht hatte. Um nun mit Gewißheit zu erforſchen, ob der obere Raum über der Waſſerſäule luftleer ſey, hatte Bertus in dieſem Raume ein Glöckchen angebracht, deſſen Hammer von einem Magneten aufgezogen ward. Fiel nun der Hammer herab, ſo hörte man einen Klang. Da man nun wußte, daß im ganz luftleeren Raume ein klingender Körper keinen Klang von ſich geben könne, ſo ſchloſſen die Peripatetiker daraus, der Raum ſey nicht luftleer. Allein Otto von Guericke machte ſchon gegründete Einwendungen dagegen, und behauptete mit Recht, daß bey dieſem Verſuche unvermeidliche Fehler vorgegangen ſeyn müßten. Wäre es wirklich möglich, ihn ſo vollkommen anzuſtellen, wie mit dem Queckſilber in einer gläſernen Röhre, ſo würde ohne Zweifel dieſer Raum ganz von Luft leer ſeyn.

Es iſt leicht zu begreifen, daß Pascals Verſuche und Beobachtungen, welche gar bald in ganz Europa bekannt wurden, ſehr große Aufmerkſamkeit nach ſich zogen. Sie wurden mit dem größten Eifer wiederholt, und ihr glücklicher Erfolg gab Stoff zu

d) Mechanica-hydraulico-pnevmatica. p. 308.

reichen und wichtigen Folgen, wodurch erſt die Eigenſchaften und mechaniſchen Wirkungen der Luft in ein helleres Licht geſetzt wurden, und wovon in den folgenden Artikeln geredet werden ſoll.

Der Druck der Luft aber wurde noch mehr durch die wichtige Erfindung der Luftpumpe beſtätigt. Otto von Guericke [c]), Burgemeiſter zu Magdeburg (daſelbſt im Jahre 1602 gebohren, und zu Hamburg 1686 geſtorben), der Erfinder derſelben, war der erſte, welcher durch einige merkwürdige Verſuche den außerordentlichen Druck der Luft mittelſt der Luftpumpe erwieß. Unter andern ließ er ſich zwey kupferne Halbkugeln, die im Durchmeſſer $\frac{67}{100}$ einer magdeburgiſchen Elle hielten, und welche genau an einander paßten, verfertigen. An einer derſelben war auf der Mitte ein Hahn angebracht, wodurch man bey der Zuſammenbringung der beyden Halbkugeln die Verbindung der innern und äußern Luft nach Belieben aufheben und wieder herſtellen konnte. Ueberdem waren auf die Fläche der Halbkugeln rings herum Rinken angebracht, um Seile dadurch zu ziehen, und Pferde daran zu ſpannen. Zwiſchen die an einander paſſenden Ränder der Halbkugeln ward ein mit Wachs und Terpentinöl getränkter lederner Ring gelegt. Nachdem nun Otto von Guericke auf ſolche Art die beyden Kugeln zuſammengelegt hatte, ließ er mittelſt ſeiner Luftpumpe durch den Hahn die Luft aus dem innern Raume ſchnell ausziehen, wodurch beyde ſtark an einander gepreßt wurden. Wenn er nun hiernächſt den

c) Experimenta nova Magdeburgica de vacuo ſpatio. Amſt. 1672. fol.

den Hahn verſchloß, die Kugel von der Maſchine wegnahm, und die Stricke gehörig durch die Rinken ziehen ließ, ſo fand er, daß die Halbkugeln ſo feſt an einander waren, daß 16 angeſpannte Pferde ſie nur mit Mühe von einander reißen konnten, wobey ein Knall, wie ein Büchſenſchuß, gehört wurde. Oeffnete man hingegen den Hahn, daß der innere Raum eine Gemeinſchaft mit der äußern Luft erhielt, ſo konnte jedermann die beyden Halbkugeln ſehr leicht von einander nehmen. Durch dieſen Verſuch bewieß alſo Guericke den kaum vorſtellbaren äußern Druck der Luft gegen die beyden Halbkugeln. Hierauf ſuchte er die Größe des Drucks gegen jede Halbkugel durch Rechnung zu beſtimmen. Er nahm dabey an, daß eine 20 magdeburg. Ellen hohe Waſſerſäule mit dem Drucke der Atmoſphäre das Gleichgewicht halte, und daraus fand er den Druck der Luft 2686 Pfund f). Allein es iſt dieß offenbar zu groß. Nach dieſer Rechnung hätten 16 Pferde die beyden Halbkugeln nicht von einander reißen können; denn wenn die 2686 Pfund auf 8 Pferde, die an jeder Halbkugel zogen, vertheilt werden, ſo hätte ein jedes Pferd 336 Pfund Kraft anwenden müſſen, welches aber beym horizontalen Zuge unmöglich iſt. Sein Fehler lag aber darinn, das er eine Waſſerſäule von 20 Ellen Höhe als zum Gleichgewicht der Luft erforderlich annahm, da doch dieſe nur eine Waſſerſäule von 32 Rheinl. Fuß Höhe erhalten kann, und daß er den innern Raum der Kugel als völlig luftleer annahm; welches er aber bey weitem noch nicht war.

Auch ließ ſich Otto von Guericke in ſeinem Hofe eine hinlänglich feſte Säule mit einem Querarm errich-

f) ibid. lib. III. cap. 23.

errichten, an welche er die beyden Halbkugeln, nachdem die Luft ausgezogen war, aufhängen konnte. An die Rinken der niederwärts gehenden Halbkugel waren ſtarke Ketten, die eine Wagſchaale trugen, eingehängt. Er fand, daß ſie von mehreren auf die Schaale gelegten Centnern Gewichte noch nicht von einander geriſſen werden konnten [g]).

Nachher ließ er ſich noch zwey größere Halbkugeln von einer ganzen Elle im Durchmeſſer verfertigen, welche von 24 bis 25 Pferden nicht von einander gebracht werden konnten.

Dieſer Verſuch mit den Halbkugeln iſt ſeitdem beſtändig als einer der merkwürdigſten bey den gewöhnlichen Experimentaluntersuchungen über die Größe des Drucks der Atmoſphäre beybehalten worden, daher auch dieſe beyden Halbkugeln noch bis jetzt unter dem Nahmen der magdeburgiſchen Halbkugeln einen Theil der phyſikaliſchen Experimentalgeräthſchaft ausmachen.

Er nahm ferner viereckte gläſerne Bouteillen, und ließ aus ſelbigen die Luft vermittelſt ſeiner Maſchine herausziehen. Schon bey mittelmäßiger Verdünnung der Luft wurden die Bouteillen in tauſend Stücke zerſprengt; welches wiederum den außerordentlichen Druck der äußern Atmoſphäre auf die Glaswände derſelben bewieß. Hiebey bemerkt er auch ganz richtig, daß vollkommen runde Glaskugeln, wenn aus ihnen die Luft herausgezogen würde, dieſerwegen von dem Drucke der äußern Atmoſphäre nicht zerſprengt werden könnten, weil die Richtung des Drucks von allen Seiten her

g) ibid. cap. 25.

her nach einerley Punkte, nämlich nach dem Mittelpunkte der Kugel gehe [h]).

Noch ein anderer merkwürdiger Verſuch, die außerordentliche Größe des Drucks der Atmoſphäre zu erweiſen, war dieſer: er ließ ſich ein cylindriſches Gefäß von Kupfer etwa $\frac{3}{4}$ Ellen im Durchmeſſer und etwas über eine Elle hoch verfertigen, deſſen Boden in Form einer Halbkugel, wie bey den gewöhnlichen kupfernen Keſſeln, geſchlagen war, und welcher einen Hahn beſaß, um ein anderes Gefäß luftdicht daran anſchrauben zu können. In dieſem Cylinder konnte ein genau anſchließender Stempel bewegt werden. Wenn nun dieſer Stempel ſo viel als möglich gegen den Boden des cylindriſchen Gefäßes gebracht war, ſo ließ er an einem Seile, das über einer Rolle lag, von faſt 50 Perſonen den Stempel ausziehen; dieſe waren aber nicht vermögend, ihn höher als bis zur Hälfte der Höhe des Gefäßes zu bringen. Nachdem er nun eine von Luft leer gemachte gläſerne Kugel, deren innerer Gehalt dem innern Raume des cylindriſchen Gefäßes gleich war, an den Hahn dieſes Gefäßes anſchraubte, und beyde innere Räume durch Aufdrehung beyder Hähne am cylindriſchen Gefäße und der Glaskugel in Gemeinſchaft brachte, ſo wurden ſogleich die Perſonen, welche an dem Seile den Stempel hielten, mit fortgezogen, indem der Stempel mit Gewalt hineingedruckt wurde. Den Druck der äußern Luft auf die obere Fläche des Stempels, welche dieſe Wirkung verurſachte, giebt Otto von Guericke auf 2686 Pfund an, welche aber 50 Perſonen nicht erhalten konnten [i]).

Alle

h) ibid. cap. 26.

i) ibid. cap. 27.

Alle dieſe Verſuche, welche keinen Zweifel von dem Drucke der Luft übrig ließen, wurden bald bekannt, und Guericke ſelbſt zeigte ſie im Jahre 1654 in Gegenwart des Kaiſers Ferdinand III. und einiger deutſchen Fürſten auf dem Reichstage zu Regensburg. Sie erregten damals viele Aufmerkſamkeit, ſo daß ſelbſt der Kurfürſt von Maynz und Biſchoff von Würzburg Johann Philipp ſich eine Luſtpumpe von Guericken ausbat, welche der damalige Profeſſor zu Würzburg Caſpar Schott zuerſt beſchrieb [k]). Durch dieſe Schrift wurde auch die Luftpumpe dem Engländer Robert Boyle bekannt, der ſie in etwas verbeſſerte, und damit ebenfalls verſchiedene Verſuche, um dadurch den Druck der Luft zu beweiſen, anſtellte. Unter andern, die auch ſchon Otto von Guericke gemacht hatte, ſtellte er öfters Verſuche mit der Queckſilberſäule in Torricelli's Röhre an, welche ebenfalls bewieſen, daß der Druck der Atmoſphäre die alleinige Urſache der Erhaltung des Queckſilbers ſey [l]). Er füllte nämlich eine an einer Seite zugeſchmolzene etwa 3 Fuß lange und $\frac{1}{4}$ Zoll weite Glasröhre mit Queckſilber an, und brachte ſie, wie Torricelli, mit der Oeffnung unters Queckſilber in einem ſchmalen Glaſe; dieſen Apparat verſenkte er hierauf mit Vorſicht in einen gläſernen Recipienten, und verlutirte alles gehörig, damit keine äußere Luft eindringen konnte. Nachdem er nun mit ſeiner Luftpumpe zum erſten male die Luft aus

k) Mechanica hydraulico-pnevmatica. Herbip. 1657. 4. in append. unter dem Titel: experimentum novum Magdeburgicum.

l) Nova experimenta phyſico-mechanica de vi aëris elaſtica et ejusdem effectibus. Genevae 1653. 4. experim. 17. p. 39. ſqq.

aus dem Recipienten ausziehen ließ, ſo ſank auch das Queckſilber in der Röhre merklich herab, eben dieß erfolgte beym zweyten Zuge; bey fortgeſetzter Verdünnung der Luft aber ſank das Queckſilber immer weniger herab, und er konnte es nicht dahin bringen, daß es völlig bis zur Oberfläche deſſelben im Glaſe, worinn die Röhre ſtand, herabkam, wenn er gleich eine ganze Stunde mit der Maſchine operiren ließ. Er bemerkte wol beym jedesmaligen Zuge eine kleine Bewegung auf der Oberfläche des Queckſilbers in der Röhre, allein es blieb zuletzt auf einerley Höhe ſtehen. Ließ er nun hierauf die äußere Luft allmählig wieder unter den Recipienten, ſo ſtieg auch nach und nach das Queckſilber in der Röhre wieder auf, bis es zuletzt auf die nämliche Höhe wieder kam, als es anfänglich geſtanden hatte, wenn die Luft unter dem Recipienten eine gleiche Dichtigkeit mit der äußern erlangt hatte. Daß Boyle das Queckſilber in der Röhre nicht ganz herabbringen konnte, leitet er ganz richtig davon ab, daß ſeine Maſchin keinen vollkommen luftleeren Raum unter dem Recipienten habe zuwege bringen können.

Auch die Florentiner Akademiſten wetteiferten mit den übrigen Naturforſchern in Anſehung der Verſuche, welche einen Bezug auf den Druck der Luft hatten. Unter andern ſtellten ſie beſonders folgenden merkwürdigen Verſuch an [m]). Mit dem Boden (fig. 54.) bc des gläſernen Gefäßes ab ſey die Röhre de von etwa zwey Ellen Länge verbunden, und über der Oeffnung d in dem gläſernen Gefäße befinde ſich ein ande-

m) Tentamina experimentorum naturalium captorum in Academia del Cimento. ed. *Muſſchenbroek.* Lugd. Batav. 1731. 4. p. 29. ſqq.

anderes viereckes f. Der gläſerne Deckel h a mit dem Schnabel h i beſitze in der Mitte eine Oeffnung, durch welche eine auf beyden Seiten offene Glasröhre k l ebenfalls von 2 Ellen länge durchgeſteckt werden kann. Dieſe Röhre wird beynahe bis zum Boden des vierecken Gefäßes f hinabgebracht, und in dieſer Lage mittelſt eines guten Lutums in der Oeffnung g feſt gemacht, damit keine äußere Luft dazwiſchen ein- dringen könne. Eben ſo wird auch der Deckel h a mit dem Gefäße a b genau verlutirt, und die untere Oeffnung e der Röhre d e mit Hülfe einer Blaſe feſt verſchloſſen, ſo daß auf keiner Seite eine Oeffnung an- zutreffen ſey, als nur bey i und k. Nun ward durch die Oeffnung k Queckſilber hineingegoſſen, welches in das Gefäß f lief, aus ſelbigem in das Gefäß a b trat, und von dieſem in die Röhre d e lief. Mit dem Eingießen des Queckſilbers fuhr man ſo lange fort, bis auch das Gefäß a b voll war, und aus der Oeffnung i des Schnabels h i auslief; hiernächſt wurde nun auch die Oeffnung i mittelſt einer Blaſe genau verſchloſſen, und zuletzt auch die Röhre g k mit Queckſilber bis zum Ueberlaufen angefüllt, alsdenn aber auch die Oeffnung k mit einer Blaſe verbunden. Durch dieſe Vorrichtung war alſo aus dem ganzen Apparate die Luft ausgetrieben worden. Nun wurde die Blaſe, die unten die Oeffnung e verſchloſſen hielt, durchſtochen, da ſodann ſogleich das Queckſilber in das Gefäß m n, in welches das Ende e in Queckſil- ber getaucht war, aus dem vorbeſchriebenen Apparat ablief, ſo daß es in der Röhre d e auf der Höhe p o von etwa $1\frac{1}{4}$ Elle ſtehen blieb. Dadurch ward be- wirkt, daß der innere Raum der Röhre k q mit dem innern Raume des gläſernen Gefäßes a b völlig luft- leer war, und nur das viereckte Gefäß f nach Queckſil-

ber

her enthielt. Hierauf wurde die Blaſe bey i durchſtochen, damit die äußere Luft eindringen konnte; in dem Augenblicke aber, da dieß geſchah, wurde das Queckſilber in o p ins Gefäß m n hinabgedruckt, zu gleicher Zeit ſtieg aber auch das Queckſilber in der Röhre l k hinauf; dieß Fallen und Steigen dauerte ſo lange, bis die Queckſilberſäule o p ganz hinabgedruckt war, oder die innere Luft mit der äußern eine gleiche Dichtigkeit hatte; in dieſem Falle war nun die Queckſilberſäule q r genau ſo hoch, als vorher o p war. Dieſe Säule q r fiel nun auch nicht eher herab, bis die Blaſe bey k geöffnet wurde, und äußere Luft eindringen konnte. — Dieſer Verſuch zeigte alſo abermals unläugbar, daß bloß der Druck der Luft die Queckſilberſäule erhielt.

Alle dieſe angeführten Beobachtungen und Verſuche bewieſen nun vollkommen, daß ein jeder Körper auf der Erde von der über ihr liegenden Atmoſphäre einen Druck ausſtehe, welcher dem Gewichte einer Waſſerſäule gleich iſt, deren Grundfläche mit der Fläche des Körpers einerley, und deren Höhe 32 Rheinländ. Fuß beträgt. Daß wir dieſen außerordentlichen Druck nicht fühlen, rührt, wie ſchon Otto von Guericke ganz richtig anführt, davon her, weil die Luft von allen Seiten gleich ſtark wirkt, unſere Körper durchdringt, und auf ſolche Art überall im Gleichgewichte iſt.

Um aber keinen Umſtand vorbey gehen zu laſſen, welcher erſt die Lehre vom Drucke der Luft zur völligen Gewißheit erhob, muß ich noch unter andern Einwürfen, die man damals derſelben entgegenſetzte, und weiter nicht angeführt zu werden verdienen, nur dieſen einzigen wichtigſten berühren. Man ſagte nämlich,

wenn

wenn der Druck der Luft die alleinige Urſache der Erhaltung der 27 Zoll hohen Queckſilberſäule wäre, ſo ſey es nicht zu begreifen, wie eine oft ſo geringe eingeſchloſſene Luftmaſſe, die doch nur ein äußerſt geringes Gewicht beſitzen könne, die Queckſilberſäule auf eben derſelben Höhe zu erhalten vermöge. Um mich deutlicher zu erklären, ſetze man, eine in einem mit enger Oeffnung verſehenen Gefäße ſtehende Röhre mit Queckſilber angefüllt beſitze gerade die Einrichtung, wie ſie Torricelli angab; wenn hiernächſt der Zwiſchenraum zwiſchen dem Halſe des Gefäßes und der in daſſelbe gehenden Röhre ſo feſt verſchloſſen wird, daß die im Gefäße ſehr geringe eingeſchloſſene Luftmaſſe von der äußern Luft ganz außer Verbindung gebracht iſt, ſo, ſagte man, könne nun auf die Fläche des Queckſilbers im Gefäße die äußere Luft nicht mehr drucken, und die ſehr geringe Menge von eingeſchloſſener Luft ſey nicht vermögend, einen ſo ſtarken Druck auf die Fläche des Queckſilbers auszuüben, daß dadurch die Queckſilberſäule erhalten würde. Dieſen Einwurf hatte man gemacht, noch ehe man von der Elaſticität der Luft richtige und beſtimmte Begriffe ſich verſchafft hatte. Man glaubte nämlich anfänglich, daß die Dichtigkeit der Luft von der Erdfläche an bis zur äußerſten Grenze der Atmoſphäre überall gleich wäre, und daß bloß das Gewicht einer Luftſäule, welche ſich von der Fläche des Queckſilbers bis zur Grenze der Atmoſphäre erſtrecke, die Queckſilberſäule in der angeführten Höhe erhalte. Allein ſchon Otto von Guericke und Boyle ſo wie nachher die Akademiſten zu Florenz beantworteten dieſen Einwurf ganz richtig, daß die Queckſilberſäule in dieſem Falle nicht von dem Gewichte der in geringer Menge eingeſchloſſener Luft, ſondern von der Wirkung der Zuſammen-

druckung, die ſie vor der Einſchließung durch den Druck der Atmoſphäre erlangt habe, und die ſie im verſchloſſenen Zuſtande nicht verliere, erhalten werde. M. ſ. den Artikel; Luftpumpe und Elaſticität der Luft.

Bey dieſer Gelegenheit, da von den Naturforſchern mehrere Verſuche mit Queckſilber und Waſſer durch die neu erfundene Luftpumpe angeſtellt wurden, theils um den Druck der Luft, theils aber auch andere Eigenſchaften derſelben auf vielfältige Art darzuthun, entdeckte Huygens zufälliger Weiſe ein Phänomen, welches noch bis jetzt nicht völlig aufs reine iſt. Als dieſer nämlich eine an dem einen Ende zugeſchmolzene Glasröhre mit Waſſer ſo anfüllte, daß nicht die geringſte Luft zwiſchen der Röhre und dem Waſſer übrig blieb, ſondern die Röhre ganz voll Waſſer war, ſo bemerkte er, daß von dem Waſſer unter einem luftleeren Raume der Luftpumpe aus dem untern offenen Ende der Röhre nichts ausfloß, ſondern ganz unbeweglich darinn hangen blieb, da es doch wegen dem wegfallenden Drucke der Atmoſphäre hätte ausfließen müſſen. Dieſes gab ihm Veranlaſſung, auch Verſuche mit Queckſilber in ſehr langen Röhren in der freyen Luft anzuſtellen, hier ſahe er mit Erſtaunen, wenn zwiſchen dem verſchloſſenen Ende der Röhren und dem Queckſilber keine Luft war, und er die Röhren behutſam umkehrte, daß oft Queckſilber darinn auf 75 Rheinl. Zoll hoch hangen blieb, und ſich daher auf einer ungefähr dreymal ſo großen Höhe erhielt, als der Druck der Atmoſphäre es erhalten konnte. Huygens gab von dieſen Verſuchen der königlichen Societät der Wiſſenſchaften zu London im Jahre 1661 Nachricht [n]). Hierdurch wurden auch die Herrn Wal-

n) Philoſoph. Tranſact. n. 86. p. 5027.

Wallis, Boyle und der damalige Präſident der königl. Geſellſchaft Brounker bewogen, dieſe Verſuche zu wiederholen. Sie fanden aber durchgehends, daß das Queckſilber ſich etliche Tage lang auf einer ungewöhnlichen Höhe von 40, 50, 60, ja zuweilen mehr als 70 Zoll erhielt, bis man es ſchüttelte, da es denn auf einmal auf die gewöhnliche Höhe von etwa 28 Zoll, dem Drucke der Atmoſphäre gemäß, herabfiel, und ſich nachher in der Röhre ordentlich bewegte, nachdem ſich der Druck der Atmoſphäre änderte. Hiebey bemerkte man als eine weſentliche Bedingung, daß das Queckſilber oben in der Spitze das Glas berühren, und daſelbſt keine Luft ſeyn mußte. Denn die geringſte Leere, oder die kleinſte Luftblaſe über dem Queckſilber in der Spitze der Röhre machte, daß das Queckſilber ſogleich herabfiel, und nicht auf einer ungewöhnlichen Höhe hangen blieb.

Von dieſer ſonderbaren Erſcheinung hat man verſchiedene Erklärungen zu geben verſucht. Huygens, der erſte Beobachter derſelben, kam hiebey auf den Gedanken, daß es außer der groben Luft noch eine andere feinere Luft geben müſſe. Er meint nun, dieſe beyden Luftgattungen wären durch ihren vereinten Druck vermögend, das Queckſilber in einer ſo beträchtlichen Höhe zu erhalten. Er nimmt nämlich an, die feinere Luft durchdringe alle Körper, durch welche die grobe Luft nicht durchkommen könne. Wäre alſo über dem Queckſilber in der Röhre ein leerer Raum, ſo dränge die feinere Luft durch das Glas in ſelbigen, und drucke ſo ſtark von oben auf das Queckſilber, als ihm dadurch von unten Widerſtand geſchehe; auf ſolche Art bleibe der Druck der groben Luft allein übrig, welcher die gewöhnliche Queckſilberſäule erhalte. —

Allein hieraus läßt ſich nicht wol begreifen, warum nicht auch dieſe feinere Luft, da ſie doch alle Körper durchdringen ſoll, eben ſo gut ihre Kraft äußern könne, wenn das Queckſilber in der Röhre hangen bleibt. Huygens hat zwar dieſen Einwurf, aber auf keine Weiſe genugthuend, zu heben geſucht. Wallis o) meinte, die innere Fläche der Röhre könne nie ſo glatt gemacht werden, daß nicht allenthalben Erhöhungen und Vertiefungen anzutreffen wären, ſo daß an ſelbigen vielleicht das Queckſilber hängen bleibe, indem dadurch eine Friktion entſtehe, die das Herabfallen hindere. Nur müſſe man gehörige Sorgfalt angewendet haben, daß zwiſchen dem verſchloſſenen Ende der Röhre und dem Queckſilber keine Luft wäre; denn dieſe erſchüttere gleichſam das Queckſilber, und treibe es ſogleich herab. Brounker kam ſogar auf den Gedanken, die Luft übe einen weit größern Druck aus, als die gewöhnliche Queckſilberſäule von etwa 27 Zoll Höhe; es könne daher auch daſſelbe in einer völlig luftleeren Röhre durch dieſen Druck in einer weit größern Höhe erhalten werden. Da aber im Queckſilber Luft ſey, die ſich durch die Luftpumpe nicht davon getrennt habe, ſo widerſtehe dieſe ſo viel, daß die äußere Luft das Queckſilber nicht ſo hoch treiben könne, als wirklich geſchehen würde, wenn keine Luft darinn enthalten wäre.

Durch die Entdeckung vom Drucke der Luft erhielt nun die Lehre des Saugens ein ganz unerwartetes Licht. Schon Torricelli ſtützte ſeinen Verſuch mit der Queckſilberröhre, daß das Waſſer in den Saugpumpen bloß vom Drucke der äußern Luft in die Höhe

o) Mechanica c. 14. prop. 13. in opp. Vol. I. p. 1050. 1051.

Höhe getrieben werde. Paſcal ſtellte Verſuche mit Hebern, Sprizen u. d. gl. unterm Waſſer an, und fand aufs vollkommenſte beſtätigt, daß bloß der Druck der Luft dasjenige bewirke, was man dem Abſcheu der Natur gegen den leeren Raum zuſchrieb. Indeſſen konnten ſich doch die meiſten noch nicht überreden, daß dieſe Erſcheinungen von dem Drucke der Luft herrühren könnten. Einige, wie Merſenne, ſuchten daher das Saugen davon abzuleiten, daß die Lufttheilchen Häkchen beſäßen, die das Waſſer in die Höhe zögen, andere blieben noch bey dem Abſcheu der Leere ſtehen, und Franciscus Linus, Prof. zu Lüttich, ſuchte die Erſcheinung aus einem gewiſſen funiculus zu erklären. Seitdem aber die Luftpumpe erfunden ward, erhielt die Lehre vom Saugen die größte Gewißheit. Die Verſuche damit lehrten unwiderſprechlich, daß ohne Wirkung der Luft gar kein Saugen ſtatt finden kann. Otto von Guericke verband mit ſeiner Maſchine eine lange Röhre, deren untere Oeffnung in ein Gefäß mit Waſſer reichte; ſobald er die Luft ausziehen ließ, ſtieg auch ſogleich das Waſſer in der Röhre hinauf. Hatte er anfänglich die untere Oeffnung der Röhre verſchloſſen, und dieſelbe ziemlich luftleer gemacht, ſo wurde nach Eröffnung derſelben das Waſſer mit der größten Gewalt in ſelbige gedruckt. Auch ein laufender Heber in einem luftleeren Raum gebracht hörte ſogleich auf, und fieng erſt wieder zu laufen an, wenn Luft hinzugelaſſen wurde u. ſ. f. Aus ſeinen Verſuchen ſchloß er nun: 1. daß das Waſſer durch Hülfe der Heber über keinen höhern Berg, als von 16 Ellen Höhe, gehoben werden könne, und 2. daß in den gemeinen Waſſerpumpen das Waſſer ebenfalls nicht höher, als auf 16 Ellen zu bringen ſey.

Robert Boyle fand mit Hülfe ſeiner Luftpumpe die nämlichen Erfolge in Rückſicht des Saugens, wie Guericke, und widerlegte zugleich ſehr gründlich die Einwürfe des Franciſcus Linus. M. ſ. Luftpumpe und Elaſticität der Luft.

Gewicht der Luft.

Noch ehe man die Erſcheinungen des Saugens richtig zu erklären wußte, hatte man ſchon das Gewicht einer gewiſſen Luftmenge zu beſtimmen geſucht, welches in der That zu bewundern iſt. So beſtimmte Galilei, daß die Luft 400 mal leichter, als eine eben ſo große Menge Waſſers ſey (S. 90.). Den andern Vorſchlag des Galilei, um das Gewicht der Luft zu finden, haben nach ihm beſonders der P. Merſenne und Boyle angeführt. Merſenne nahm nämlich eine Aeolipile oder Windkugel, legte ſie auf Kohlen, um die in ihr befindliche Luft durch die Hitze auszutreiben, und wog ſie nachher an einer genauen Wage; hierauf ließ er die Kugel wieder erkalten, und wog ſie nun mit der gedrungenen Luft abermals; hier fand er, daß die Kugel einige Gran mehr als im erſten Falle wog, und ſchloß daraus, daß der Unterſchied beyder Gewichte das Gewicht der in der Kugel enthaltenen Luft anzeige. Um nun dieſes Gewicht mit dem Gewichte des Waſſers zu vergleichen, trieb er abermals die Luft mittelſt der Hitze aus der Kugel, brachte hiernächſt die Oeffnung der Aeolipile unters Waſſer, und ließ dieß ſo lange hineinziehen, bis die Kugel eben ſo kalt, wie beym Eindringen der Luft geworden war. Nachdem er nun auch hier die Kugel ſammt dem Waſſer gewogen hatte, ſo gab der Unterſchied beyder Gewichte das Gewicht des Waſſers an. Das Gewicht der Luft mit dem Gewichte des

Waſ-

Waſſers verglichen gab das Verhältniß 1 : 1356, oder die Luft war 1356 mal leichter als das Waſſer [p]). Daß dieſes Verfahren ſehr fehlerhaft iſt, begreift ein jeder, und ſelbſt Merſenne mußte ſchon zu demſelben kein rechtes Zutrauen haben, indem er noch hinzuſetzt, man könne wenigſtens mit Gewißheit annehmen, die Luft ſey nicht weniger als 1300 mal leichter als eine eben ſo große Waſſermenge.

Noch weit fehlerhafter verfuhr Riccioli [q]). Dieſer wog eine leere Ochſenblaſe, und fand ſie 4 Scrup. 4 Gran ſchwer, hierauf bließ er ſie mit Luft auf, und nun wog ſie 4 Scrup. 6 Gran, mithin war ſie um 2 Gran ſchwerer, als die leere Blaſe. Hieraus ſchloß er nun, die Luft ſey 10000 mal leichter als das Waſſer. Allein Jakob Bernoulli [r]) hat ſehr richtig gezeigt, daß die leere Blaſe nicht weniger, als die mit Luft gefüllte wiegen könne. Aufgeblaſen nimmt ſie nämlich mehr Raum ein, treibt daher mehr äußere Luft aus der Stelle, und verliert dadurch gerade ſo viel mehr von ihrem Gewichte, als die hineingeblaſene Luft wiegt. Daß ſie Riccioli aufgeblaſen um 2 Gran ſchwerer fand, rührt ohne Zweifel daher, weil er beym Einblaſen und Zubinden die innere Luft mehr zuſammengedruckt hatte.

Boyle aber, welcher ſich, wie Merſenne, der Aeolipile bediente, verfuhr ſchon genauer. Er verſtopfte nämlich die Oeffnung derſelben ſogleich, als er

p) Phaenomena hydraulico-mechanica. Paris 1644. 4. prop. XXIX. p. 141.

q) Almageſt. nov. lib. II. cap. 5.

r) Acta eruditor. Lipſienſ. 1685. p. 436.

er die Luft durch die Hitze ausgetrieben hatte, ließ ſie hierauf erkalten, und wog ſie alsdenn erſt; hiernächſt ließ er durch die Oeffnung Luft hinein, und wog ſie abermals. Auf dieſe Art fand er die Luft nur 938 mal leichter als das Waſſer. Auch führt er hiebey das unrichtige Verfahren des Riccioli an, und glaubt vielmehr, hiernach die Luft 7600 mal leichter ſetzen zu müſſen. Ueberhaupt aber trauet er dieſem Verfahren wenig Zuverläſſigkeit zu, und giebt das ſeinige als weit richtiger an [s]). Inzwiſchen war es doch noch nicht von allen Fehlern frey, indem es ganz unmöglich iſt, durch die Hitze alle Luft aus der Kugel auszutreiben.

Eine weit richtigere Methode gab Otto von Guericke an [t]). Er nahm nämlich eine gläſerne Kugel, und wog ſie mit der Luft an einer genauen Wage ab; hierauf zog er mittelſt ſeiner Maſchine die Luft aus der Kugel; und wog ſie abermals luftleer; der Unterſchied beyder Gewichte gab das Gewicht des Luftvolumens, welches die Kugel enthielt. Dabey führt er aber an, daß man das Gewicht der Luft mit dem Gewichte eines gleich großen Waſſer= oder Queckſilbervolumens eigentlich nicht vergleichen könne, ob es gleich im Gebrauche ſey, indem die Luft an niedrigern Orten in einem weit zuſammengepreßtern Zuſtande als in höhern Luftgegenden, mithin im erſten Falle ſchwerer im andern aber leichter wäre. — Otto von Guericke hatte auch wirklich Recht. Indeſſen läßt ſich aber doch im mittleren Durchſchnitte ſehr wol eine Vergleichung in Anſehung der Gewichte der Luft und des Waſſers anſtellen, nur muß man dabey

s) Nova experimenta phyſico-mechanica. exper. XXXVI.

t) Experim. Magdeburgica de vacuo ſpatio. lib. III. cap. XXI.

bey noch auf verſchiedene andere Umſtände Rückſicht nehmen, welche zu dieſer Zeit noch nicht gehörig entwickelt waren, ob man gleich ſehr leicht darauf hätte verfallen können, nämlich auf die Beſchaffenheit der Atmoſphäre ſelbſt (Wärme, Feuchtigkeit, Trockenheit), wobey auch zugleich der beſtimmte Grad des Drucks der Atmoſphäre zu beabſichtigen iſt.

Barometer und Barometerveränderungen.

Schon Torricelli und Paſcal hatten bemerkt, daß das Queckſilber in der Röhre an einerley Orte nicht beſtändig gleich hoch ſtand, ſondern bald höher hinauf ſtieg, bald niedriger herabſank. Sie ſchloſſen daher auch richtig, daß in der Atmoſphäre beſtändig Veränderungen vorgehen müßten, wodurch ein ſolcher veränderter Druck derſelben bewirkt würde. Man glaubte alſo, daß dieſe Röhre ein vorzügliches Werkzeug abgeben könne, die Veränderungen der Atmoſphäre dadurch zu beſtimmen und abzumeſſen. Sie erhielt den Nahmen Barometer, welches eben ſo viel bedeutet, als Maas der Schwere. Zugleich nahm man auch in den meiſten Fällen der beſonders beträchtlich bemerkbaren Veränderungen wahr, daß ſich zugleich die Witterung änderte, wodurch das Barometer den gemeinen Nahmen des Wetterglaſes erhielt. Von dieſer Zeit an wurde erſt das Barometer ein Werkzeug der allgemeinen Bewunderung, und faſt jedermann verſah ſich damit, ſo daß es ſehr bald in allen Welttheilen geſitteter Nationen bekannt wurde.

Beſonders aufmerkſam auf die Verſchiedenheit des Drucks der Atmoſphäre war aber Otto von Guericke. Dieſer hatte nämlich den beſchwerlichen Verſuch mit Waſſer nahe an ſeinem Hauſe in einer

aus verſchiedenen Theilen zuſammengeſetzten Glasröh- re von 20 Magdeb. Ellen Höhe zu Stande gebracht, und dabey wahrgenommen, daß es in ſelbiger nahe an 19 Ellen ſtehen blieb. Nachdem er nun zu verſchie- denen Zeiten dieſe mit Waſſer gefüllte Röhre beobach- tete, ſo bemerkte er mit Erſtaunen, daß es mannich- mal um eine, zwey, drey auch mehrere Hände breit tiefer herabgeſunken, zuweilen aber auch um ſo viel höher hinaufgeſtiegen war. Damit er aber von dieſen Erſcheinungen zuverläſſiger und ſicher überzeugt wurde, wiederholte er dieſen Verſuch einige mal; er ließ nämlich die Röhre von neuem mit Waſſer füllen, welches jederzeit bis auf eine gewiſſe Tiefe herabſank und daſelbſt ſtehen blieb; nach ein und der andern Zeit beobachtete er nun abermals, daß das Waſſer bald höher geſtiegen, bald weiter herabgeſunken war. Dieß berechtigte ihn zu ſchließen, dieſe Waſſerſäule müſſe vom Drucke der Atmoſphäre erhalten, und der Druck der Atmoſphäre ſelbſt nach Beſchaffenheit derſelben zu- und abnehmen [u]). Er wurde beſonders noch dadurch veranlaßt, ein Werkzeug zu erfinden, welches dama- liger Zeit viel Aufſehen machte, und welches er mit dem Nahmen *ſemper vivum* belegte [x]). Es beſtand dieſes Werkzeug aus einer gläſernen oben verſchloſſenen und in einem Liquor eingeſenkten Röhre, worinn der Druck der Atmoſphäre den Liquor bald höher bald niedriger erhielt. Auf der Oberfläche des Liquors ſchwamm ein aus Holz geſchnitztes Männchen, wel- ches mit dem Finger Grade des Steigens und Fallens zeigte. Dieſes Inſtrument war eigentlich nichts wei- ter als ein höchſt unvollkommenes Barometer. Er hatte

u) Experim. Magdeb. de vacuo ſpatio. lib. III. cap. XIX.
x) ibid. lib. III. cap. XX.

hatte aber mit Fleiß die Einrichtung an dieſem Inſtrumente ſo getroffen, daß man nichts weiter als das Männchen ſehen konnte, und dieſerwegen wurde es ſehr bewundert. Otto von Guericke bediente ſich dieſes Werkzeuges beſonders zur Beobachtung der eintretenden Witterung. Es erhielt den uneigentlichen Nahmen des Anemoſkops. Von wem aber dieſer Nahme herrührt iſt unbekannt. Der Herr Prof. Pfleiderer zu Tübingen [y]) meint, vielleicht habe es dieſen Nahmen von Guericken ſelbſt bekommen, und führt zum Beweiſe eine Stelle in einem von ihm um das Ende des Jahres 1664 geſchriebenen Aufſatze über den damals erſchienenen Kometen an [z]). Guericke äußert darinn, daß vielleicht die Kometen aus abgeriſſenen Luftmaſſen beſtehen, und durch Sturmwinde erzeugt werden könnten, weil er finde, daß die Luft bey Stürmen am Gewicht verliere, und nun fügt er bey: nam cum experientia illius *a me nuper inventi Anemoſcopii* (homulli vitro aëris vacuo incluſi, tempeſtatum indicis) edoctus evidenter videam, aërem coortis tempeſtatibus (etiamſi ultra 100 vel 200 milliaria aboriantur) praeprimis leviorem reddi, exiſtimo, ingruentibus ejusmodi tempeſtatibus, has ipſas ſimul particulam aëris nonnumquam cum impetu avellere, et ſecum in altum deferre. Allein dieſer Stelle ungeachtet bleibt es noch ungewiß, ob wirklich die Benennung

von

y) Theſium inaugur. pars mathematico-phyſica, quam menſe Sept. 1792. defend. Candidati laureae ſecundae. Tubing. 4. theſ. XXV.

z) Iudicium de Cometa Dom. *Ottonis Guerikken*, Conſulis Magdeburgenſis ad praefectum arcis Lipſienſis perſcriptum in *Stanisl. Lubienietz Lubieniecii* theatr. Comet. Amſtelod. 1668. fol. p. 239. ſqq.

von Guericke ſelbſt herrühre. Denn der erwähnte Aufſatz an den Schloßhauptmann in Leipzig war von Guericke nicht in lateiniſcher, ſondern vielmehr in deutſcher Sprache abgefaßt, und iſt auch in dieſer beym Lubienietzky mit beygedruckt. In dieſem Originalaufſatze kommt aber der Nahme Anemoſkop nicht vor, ſondern die Stelle lautet ſo: denn weil ich vermittelſt des von mir neu erfundenen, und alſo genannten Wettermännchens, augenſcheinlich ſehe u. ſ. w. Es rührt alſo die Ueberſetzung des Wettermännchens durch Anemoſcopium offenbar von einem andern, vielleicht von Lubienietzky ſelbſt, oder vom jüngern Guericke her, er ſchiebt auch noch die in Klammern eingeſchloſſene Erklärung (homulli etc.) ein, welche im deutſchen Originale auch nicht ſteht. Von dem jüngern Guericke, damals Churbrandenburgiſcher Reſident in Hamburg wird dieß Werkzeug nach ſeiner äußern Beſchaffenheit und ſeinem Verhalten bey den Veränderungen der Witterung in einem Briefe an Lubienietzky vom 1ten Aug. 1665 beſchrieben. Er ſagt, das Geheimniß der innern Einrichtung ſey bis dahin noch niemandem, als dem Churfürſten von Brandenburg, Friedrich Wilhelm entdeckt worden, welcher auch ein ſolches Inſtrument in ſeiner Bibliothek beſitze. Daß das Steigen und Fallen des Männchens mit den Veränderungen der Witterung überein komme, und beſonders das tiefe Fallen Sturm anzeige, ſey durch tägliche Erfahrung 6 bis 7 Jahre beſtätiget. Auch hatte Otto von Guericke im Jahre 1660 aus dem ſtarken Fallen des Männchens den großen darauf erfolgten Sturmwind prophezeiht.

Uebri-

Uebrigens iſt es gewiß, daß Otto von Guericke ſchon vor Torricelli den Gedanken gehabt hat, den Druck der Luft durch einen Verſuch mit der Waſſerröhre zu beweiſen, und zu meſſen; auch hatte er Verſuche dieſer Art auf dem Reichstage zu Regensburg gezeigt [a]). Ebendaſelbſt wurde ihm auch die Torricelliſche Röhre mit Queckſilber bekannt. Daß aber der Druck der Atmoſphäre veränderlich ſey, ſcheint er erſt nach 1656 wahrgenommen zu haben, weil er in den Briefen an den P. Schott bis auf dieſe Zeit davon nichts erwähnt; auf die Erfindung ſeines Wettermännchens ſcheint er endlich auch um das Jahr 1658 gekommen zu ſeyn.

Die erſte einfachſte Einrichtung des Barometers iſt die, wie ſie Torricelli zur Entdeckung und Beſtätigung des Drucks der Luft gebraucht hatte, und daher auch noch bis jetzt die Torricelliſche Röhre, und der in ſelbiger bewirkte leere Raum die Torricelliſche Leere genennt wird. Sie beſteht nämlich aus einer gleich weiten etwa 3 Fuß langen gläſernen Röhre, deren eine Oeffnung zugeſchmolzen iſt, die mit Queckſilber angefüllt, und hierauf mit der Oeffnung in ein Gefäß mit Queckſilber gebracht wird. Dieſe erſte Geſtalt des Barometers, ſo einfach ſie auch war, hatte doch die Unbequemlichkeit, daß Röhre und Gefäß nicht zuſammenhiengen, und daher das Fortbringen von einem Orte zum andern beſchwerlich war; überdem erforderte es auch unnöthiger Weiſe ſehr vieles Queckſilber, und war auf ſolche Art gewiſſer Maaßen koſtbar. Alles dieß gab Veranlaſſung, auf eine andere bequemere Einrichtung dieſes Inſtru-

a) *Gaspar. Schotti* technica curioſa ſ. mirabilia artis 1564. 4. p. 25. 34.

mentes zu denken. Man änderte es zuerſt dahin ab, daß man die Röhre am untern Theile krümmte, ſo daß ſie die Form eines Hebers hatte (fig. 55.), und daher auch ein heberförmiges Barometer oder Heberbarometer heißt. Bey dieſem Barometer wurde die Queckſilberhöhe von der horizontalen Oberfläche g h des Queckſilbers in dem kurzen Schenkel gerechnet. Wenn nun beym verminderten Drucke der Atmoſphäre das Queckſilber in dem längern Schenkel von d bis c fällt, ſo muß es nun in den kürzern eben ſo hoch, wenn die Röhre gleich weit iſt, von g bis f ſteigen. Weil aber die Schwere des in dem kürzern Schenkel in die Höhe ſteigenden Queckſilbers entgegen wirkt, ſo kann das Queckſilber in dem längern Schenkel nicht ſo tief herabſinken, als es vermöge des verminderten Druckes der Atmoſphäre herabſinken müßte. Aus dieſer Urſache wurde dieſe Einrichtung des Barometers bald wieder verachtet.

Man kam auf die erſte Einrichtung wieder zurück, und kittete entweder an die Torricelliſche Röhre das Gefäß mit dem Queckſilber unmittelbar an, wie es die fig. 56. vorſtellt, oder man krümmte die Röhre, und ſchmolz an ihr ein oben offenes gläſernes kugelförmiges Gefäß an, wie es die fig. 57. zeigt, um das bey vermindertem Drucke der Atmoſphäre in der längern Röhre herabfallende Queckſilber wegen des Steigens in der kleinern Röhre nicht ſo ſehr zurück zu halten, damit es ſich in dem weitern Raume der Kugel ausbreiten, und dadurch die Höhe in derſelben unmerklich vermehren könne. Hierdurch erhielt man den Vortheil, das Barometer an ein Bret zu befeſtigen, und mittelſt einer an ſelbigem angebrachten Skale das Fallen und Steigen des Queckſilbers zu beo-

beobachten. Dieſe Einrichtung von Barometern iſt auch noch heut zu Tage die gewöhnlichſte. Man nennt dergleichen Barometer, Kapſelbarometer, Gefäßbarometer, Barometer mit Behältniſſen. Gleichwol wird beym Herabſinken des Queckſilbers in der langen Röhre die Höhe in dem kugelförmigen Gefäße vermehrt, ſo gering ſie auch ſeyn mag; mithin bleibt auch dieſe Einrichtung, zumal bey ſolchen Fällen, wo es auf Genauigkeit ankommt, nicht brauchbar, beſonders wenn das Queckſilber in der langen Röhre um ein beträchtliches herabſinkt, wie z. B. auf hohen Bergen.

Auch verfiel man bald nach der Erfindung des Barometers auf den Gedanken, die Veränderungen des Steigens und Fallens bey einem jeden veränderten Drucke der Luft ſo merklich als möglich zu machen. Daher ſind verſchiedene Abänderungen nach der Zeit vom Barometer gemacht worden, bey welchen man die vermeinten Vortheile zu erhalten gedachte. Der Erfolg hat aber gelehrt, daß ſie nur ſcheinbar waren, und bey weitem das nicht leiſteten, was man ſich von ihnen verſprach.

Carteſius war der erſte, welcher auf den Gedanken kam, beym Barometer außer dem Queckſilber noch Waſſer zu gebrauchen, um die Veränderungen des Steigens und Fallens zu vergrößern. Des Carteſius Vorſchlag findet man in einem Briefe von Chanut an Paſcals Schwager Perrier erwähnt [b]). Er räth nämlich an, man ſoll an einem gewöhnlichen Barometer oben ein cylindriſches gläſernes

b) Traité de l'équilibre des liqueurs etc. p. *Paſcal.* Paris 1663. 12. S. 207.

nes Gefäß (fig. 58.) anſchmelzen, und darüber noch eine dünne gläſerne Röhre anſetzen, welche oben verſchloſſen iſt; das Barometer aber, wie gewöhnlich bis a mit Queckſilber füllen, und darüber Waſſer bis d gießen. Wenn nun das Queckſilber im cylindriſchen Gefäße von a bis c ſteigt, ſo muß eben ſo viel Waſſer, als der Raum a c Queckſilber faßt, in der engen Röhre über d hinaufſteigen, und folglich dieſes Steigen wegen Enge der Röhre ſehr bemerkbar ſeyn. Eine Berechnung ergiebt, daß hierdurch der Raum der Barometerveränderungen $\frac{14\,\Delta^2}{13\,\delta^2 + \Delta^2}$ mal vergrößert wird, wenn Δ den Durchmeſſer bey a und δ den Durchmeſſer bey e andeutet, und das Queckſilber 14 mal ſchwerer, als das Waſſer angenommen wird. Iſt alsdenn δ im Verhältniſſe mit Δ ſehr klein, ſo kann dieß höchſtens eine 14 fache Vergrößerung bewirken.

Im Jahre 1665 erfand D. Hooke c) ſein ſogenanntes Radbarometer. Die Röhre wird unten gekrümmt, und auf der Queckſilberfläche (fig. 59.) c ſchwimmt ein eiſernes Gewichtchen, welches an einem über die Rolle f geführten Faden von einem am andern Ende des Fadens hangenden Gewichte e beynahe im Gleichgewicht erhalten wird. Wenn die Queckſilberfläche c ſteigt und fällt, ſo muß auch das darauf ſchwimmende Gewicht ſteigen und fallen. Dadurch wird aber die Rolle f gedreht. An der Axe der Rolle iſt ein Zeiger befeſtigt, welcher mit der Rolle zugleich in Bewegung kommt, und auf dieſe Weiſe das Steigen und Fallen des Queckſilbers auf einem

in

c) Micrographia. Tab. XXXVII. fig. 4.

in Grade getheilten Kreiſe angezeigt. Dieſes Barometer iſt vorzüglich, wegen des Reibens an verſchiedenen Stellen, zu genauen Beobachtungen ganz untauglich; auch hat es ſelbſt Hooke wieder verworfen[d]).

Unter allen Barometern, welche bey Veränderungen des Drucks der Luft bemerklich große Grade zeigen, iſt dasjenige, welches als eine Erfindung dem Ritter Samuel Morland von Muſſchenbroek[e]) zugeſchrieben wird, der meiſten Achtung würdig. Leupold[f]) ſchreibt die Erfindung dieſes Barometers auch dem Ramazzini zu, welcher es in ſeinem Buche: ephemerides barometricae Mutini Seite 4 beſchrieben. Es iſt dieſes Barometer (fig. 60.) unter einem ſchiefen Winkel bey e gebogen. Nimmt man alſo an, das Queckſilber würde in der gewöhnlichen Torricelliſchen Röhre beym höchſten Drucke der Atmoſphäre in c ſtehen, ſo wird es in der ſchiefliegenden Röhre ef bey g ſich befinden; fällt das Queckſilber von c nach d, ſo muß es in der ſchiefen Röhre den beträchtlichen Raum gh herabfallen, und dadurch die Grade bemerklich groß angeben.

Huygens hatte eben den Gedanken, welchen Carteſius hatte, und führte ihn auch wirklich aus. Allein er fand dabey den Fehler, daß aus dem Waſſer Luft in den leeren Raum hinaufſtieg, welche das Waſſer ſammt dem darunter liegenden Queckſilber herabdruckte. Daher gab er im Jahre 1672 ein anderes Barometer an, welches unter dem Nahmen eines Dop-

d) Philoſoph. Tranſact. n. 185.

e) Introductio ad philoſ. natural. T. II. §. 2078.

f) Theatr. aeroſtat. cap. III.

Doppelbarometers bekannt iſt [g]). Bey dem verſchiedenen Drucke der Luft fällt und ſteigt nämlich das Queckſilber in einem weiten Gefäße (fig. 61.) a b, welches mit einer unten gebogenen engen Röhre verbunden iſt, an deren Ende ein eben ſo großes und weites Gefäß c d angeſchmolzen worden, worinn folglich das Queckſilber eben ſo hoch ſteigt, oder fällt, nachdem es in dem Gefäße a b fällt oder ſteigt. Ueber dem Gefäße c d befindet ſich nun noch eine enge oben offene Röhre. In dieſe ſoll man nach ſeiner Vorſchrift über das Queckſilber einen Liquor gießen, welcher nicht gefriere und das Queckſilber nicht auflöſe, z. E. Waſſer mit $\frac{1}{8}$ Scheidewaſſer vermiſcht. Wenn nun das Queckſilber in b a fällt, ſo ſteigt es in c d eben ſo hoch und treibt dadurch den Liquor über e zu einer beträchtlichen Höhe. Durch Rechnung wird hier die Vergrößerung des Steigens und Fallens

$$= \frac{\mu \Delta^2}{(2\mu - 1)\,\delta^2 + \nu \Delta^2} \text{ gefunden}$$

wenn Δ den Durchmeſſer bey a und c, und δ den Durchmeſſer bey e, und $\mu : \nu$ das Verhältniß des Queckſilbers zu dem Liquor andeutet. Wäre dieß Verhältniß = 14 : 1, ſo würde die Vergrößerung

$$\frac{14\,\Delta^2}{27\,\delta^2 + \Delta^2} \text{ fach,}$$

und wenn δ in Vergleichung mit Δ ſehr klein, 14 fach. Allein dieſes Barometer hat ſehr viele weſentliche Fehler: 1. druckt die äußere Luft nicht unmittelbar auf das Queckſilber, ſondern erſt durch den Liquor, 2. dunſtet der Liquor in der Folge der Zeit aus, nimmt daher

g) Mém. anciens de l'Acad. roy. des ſcienc. T. X. p. 543. ingl. Journal des ſavans 1672. p. 139.

her am Volumen ab, und kann nicht mehr die be- ſtimmten Grade zeigen, 3. hat auch die Wärme und Kälte einen zu großen Einfluß auf den Liquor, in der Wärme verlängert ſich die Liquorſäule, und in der Kälte verkürzt ſie ſich; 4. verurſacht auch das An- hängen des Liquors an der Röhre eine gewiſſe Unem- pfindlichkeit des Barometers.

Daß man gleich bey den erſten Beobachtungen des veränderlichen Drucks der Atmoſphäre auf die Um- ſtände aufmerkſam war, welche in der Atmoſphäre vorgiengen, iſt wol natürlich. Denn ſchon Paſ- ſal [h]) glaubte bemerkt zu haben, daß gewöhnlich das Barometer falle, wenn es hell werde, und ſteige, wenn es regnen wolle. Wenn das Barometer bey trüber Witterung falle, ſo könne man verſichert ſeyn, daß die niedrig hangenden Wolken ſehr bald zerſtreut würden und heiteres Wetter erfolge; wenn hingegen bey heiterm Himmel das Barometer hoch ſtehe, ſo habe man Grund zu vermuthen, es befinde ſich eine Menge von zwar noch unſichtbaren Dünſten in der Atmoſphäre zerſtreut, die ſich aber bald in Wolken zuſammenziehen und Regenwetter bringen würden. Der niedrige Barometerſtand bey heller Witterung zeige ei- ne mit Dünſten nicht ſtark beladene Atmoſphäre an, und man könne daher auf anhaltendes gutes Wetter ſchließen. Der hohe Barometerſtand endlich bey trü- bem Himmel zeige eine Menge Dünſte in der Atmoſ- phäre an, und man könne daher eine Zeitlang Regen- wetter ahnden. Paſcal ſetzt aber noch hinzu, daß es von dieſer Regel Ausnahmen gebe. So könne der Wind

h) Traité de l'équilibre des liqueurs etc. p. 199.

Wind verurſachen, daß dieſe Muthmaßungen fehl ſchlügen, allein in den gewöhnlichſten Fällen würden ſie zutreffen. Paſcal glaubte daher, durch das Aufſteigen der Dünſte werde der Druck der Atmoſphäre vergrößert, durchs Herabfallen derſelben aber vermindert. Dieß iſt aber allen Erfahrungen zuwider, und ſchon Otto von Guericke hatte an ſeinem Wettermännchen gerade das Gegentheil wahrgenommen.

Paſcals Schwager, der Rath Perrier [i]) nahm die Wärme als mitwirkende Urſache der Barometerveränderungen an, und glaubte, daß das Barometer falle, wenn es zu gleicher Zeit wärmer wird, und die Dünſte aus der Atmoſphäre durch Regen oder Schnee herabfallen; daß es hingegen ſteige, wenn die Witterung zugleich kalt und trübe wird. Allein auch dieſer Meynung iſt die Erfahrung entgegen, indem es oft in den heißeſten Tagen höher, als in den kälteſten Wintertagen ſteht.

So ſehr auch Paſcals Meynung über die Barometerveränderungen der Erfahrung zuwider war, ſo fand ſie doch bey vielen ſeiner Zeitgenoſſen Beyfall, nur mit gewiſſen Einſchränkungen welche die Beobachtungen zu erfordern ſchienen. So hatte D. John Beal [k]) beſtätiget gefunden, daß die Barometerhöhe jederzeit bey anhaltender heiterer Witterung ſo wol im Sommer, als auch im Winter höher, als zur Regenzeit ſtehe; gleichwol behauptete er noch Paſcals Meynung mit dem Zuſatze, daß das Barometer überhaupt genommen nach dem Regen tiefer herabfalle, als es vor demſelben geſtanden habe. Er beruft ſich ver-

i) Traité de l'équilibre des liqueurs etc. de *Paſcal* p. 199.
k) Philoſoph. Tranſact. n. 9. p. 154.

vorzüglich darauf, weil der Druck der Luft gerade ſo viel vermindert ſeyn müſſe, als das Gewicht des herabgefallenen Regens betrage.

Auch D. Wallis, welcher verſchiedene Beobachtungen mit dem Barometer angeſtellt hatte, nahm im Jahre 1666 mit Paſcal und Beal an [l]), daß das Barometer ſteige, wenn die Atmoſphäre mit Dünſten angefüllt ſey, aber falle, wenn dieſe Dünſte durch den Regen herabkämen. Indeſſen hatte er doch oft wahrgenommen, daß das Queckſilber ohne vorausgegangenen Regen falle, und, wenn es heiterer Himmel werden wolle, ſteige. Daher meinte er, das Fallen des Barometers werde beym Regenwetter durch den Wind verurſacht, welcher den ſenkrechten Druck der Atmoſphäre vermindere. Daß aber ſehr oft das Queckſilber bey Anzeige guter Witterung ſo hoch ſteige, rühre von der Wärme her, welche die Elaſticität der Luft vermehre, ſo daß alſo außer dem Drucke der Luft auch noch die Elaſticität derſelben auf das Queckſilber wirke. Wallis verwarf aber dieſe ſeine Meynung im Jahre 1669 ſelbſt wieder, hielt jedoch immer noch die Wärme für die Urſache des Steigens bey warmer Witterung [m]). Er meinte nämlich, die im Queckſilber enthaltene Luft würde durch die Wärme ausgedehnt, wodurch die Queckſilberſäule ſich verlängere. Aber auch dieſe Meynung hat Wallis in der Folge wieder in etwas abgeändert.

Luftpumpe und Elaſticität der Luft.

Zu den Zeiten des Torricelli lehrte man den Satz, daß die Luft in der Luft nicht drucke. Auch wurde

l) Philoſoph. Tranſact. n. 10. p. 166.
m) ibid. n. 55. p. 1113. ſqq.

wurde dieſer Satz von den meiſten noch behauptet, da ſchon Torricelli, Paſcal und Otto von Guericke den Druck der Luft erwieſen hatten. Man ſtellte ſich nämlich vor, diejenige Luftſäule, welche mit der Queckſilberſäule das Gleichgewicht halte, beſitze von der untern Fläche des Queckſilbers an bis an die äußerſte Grenze der Atmoſphäre eine gleiche Dichtigkeit, und zog daraus die Folge, daß das Verhältniß der ſpecifiſchen Gewichte der Luft und des Queckſilbers dem verkehrten Verhältniſſe der Höhen beyder Säulen gleich ſey. Man nahm alſo an, daß bey gleicher Abnahme der Höhen auch das Queckſilber in der Röhre gleich tief herabſinke. Gleichwol hätte man ſehr leicht darauf verfallen können, da bereits Bacon von Verulamio die Zuſammendruckung der Luft erwieſen hatte (S. 89.), daß die niedrigern Luftſchichten von der über ihnen liegenden Luft weit ſtärker zuſammengedruckt, mithin viel dichter ſeyn müßten, als die höhern Luftſchichten. Paſcal hatte auch wirklich dieſen Gedanken gehabt, indem er die Luft, wegen der Fähigkeit ſich zuſammen drucken zu laſſen, mit einem Haufen Wolle vergleicht, wovon die untern Theile mehr, als die obern zuſammen gedruckt würden [n]). Er ſagt, wenn ein Ballon, der unten nur halb aufgeblaſen und noch ſchlaff ſey, auf eine Höhe von 500 Toiſen gebracht werde, ſo werde er ſich während des Aufſteigens von ſelbſt aufblaſen, und oben ganz voll und ſtrotzend ſeyn; ſobald man ihn aber wieder herablaſſe, werde er nach und nach ſchlaffer werden, und unten ſich ganz wieder in ſeinem vorigen Zuſtande befinden. Von der weitern Unterſuchung dieſer Eigenſchaft der Luft würde aber Paſcal durch den Tod gehindert. Erſt die beyden Männer

Otto

n) Traité de l'équilibre des liqueurs etc.

Otto von Guericke und Robert Boyle waren es, welche die übrigen Eigenſchaften der Luft näher entwickelten. Um aber die hierher gehörigen Entdeckungen ſo zu erzählen, wie ihre Erfinder nach und nach darauf gekommen ſind, muß vor allen Dingen von der wichtigen Maſchine, der Luftpumpe, geredet werden.

Otto von Guericke war einer von den erſten, die ſich nicht überreden konnten, daß die Natur den leeren Raum verabſcheue. Von dem Verſuche des Torricelli ſcheint er nichts gewußt zu haben, weil er von dieſem erſt Nachricht auf dem Reichstage zu Regensburg im Jahre 1654 erhielt. Er kam alſo auf dieſen Gedanken durch eigenes Nachdenken. Er ſann nun darauf, einen wirklich luftleeren Raum zu bewerkſtelligen. Zu dem Ende nahm er ein Wein= oder Bierfaß, welches ſo ſehr zuſammengetrieben ward, daß auf keiner Stelle Luft eindringen konnte; dieſes füllte er mit Waſſer, und am untern Theile deſſelben brachte er eine Spritze an, durch deren Hülfe man das Waſſer aus dem Faſſe ziehen konnte. Er meinte nämlich, weil das Waſſer vermöge ſeiner Schwere durch die Operation der Spritze im Faſſe herabſinken müſſe, ſo werde er dadurch im obern Theile des Gefäßes einen luftleeren Raum zuwege bringen. Er ließ alſo drey ſtarke Männer an der Spritze arbeiten; allein während dieſer Arbeit hörte man in allen Theilen des Faſſes ein Singen, wie beym kochenden Waſſer, das ſo lange anhielt, bis der Raum, der kein Waſſer mehr hielt, mit Luft angefüllt war. Es drang alſo die äußere Luft durch das Holz des Faſſes in den innern vom Waſſer leeren Raum. Da er nun hierdurch ſeinen Zweck nicht erreichte, ſo ſchloß er ein mit

Waſſer gefülltes kleineres Gefäß in ein größeres ein, in welches er auch Waſſer brachte, und ließ wie vorhin aus dem kleinern Faſſe mittelſt einer Spritze das Waſſer ausziehen. Hier fand er aber, daß das Waſſer durchs Faß drang. Nachdem auch dieſer Verſuch fruchtlos war, ließ er ſich endlich eine kupferne Kugel verfertigen, welche oben mittelſt eines Hahnes nach Belieben verſchloſſen und geöffnet werden konnte. Auch hier hatte er am untern Theile, wie beym Faſſe, die Spritze angebracht, indem er glaubte, die Luft ſey bloß wie das Waſſer ſchwer, und müſſe folglich, wenn mit der Spritze operirt würde, eben ſo wie das Waſſer, im Gefäße herabſinken, und im obern Theile einen leeren Raum zurücklaſſen. Hatte er nun an der Spritze ſo lange arbeiten laſſen, daß aus dem Ventile des Stempels in der Spritze keine Luft weiter herausdrang, ſo war ihm dieß ein hinreichender Beweiß, daß die Kugel luftleer ſey. Otto von Guericke hatte alſo bis hieher, ſo wie es die allgemeine Meynung war, noch geglaubt, daß die Luft bloß ſchwer, nicht elaſtiſch, wäre; dieſe letztere Eigenſchaft fand er, ihm unerwartet, erſt beym Operiren mit der Luftpumpe. Durch dieſe Vorrichtung hatte alſo Otto von Guericke wirklich, wo nicht einen ganz luftleeren, doch einen verdünnten Raum zu Stande gebracht. Oeffnete er nun den Hahn, ſo drang die äußere Luft mit der größten Gewalt hinein, daß nahe dabey ſtehende Perſonen den Luftzug ſtark fühlten.

Da aber auch hier Otto von Guericke bemerkte, daß die Luft nach ein oder dem andern Tage in eine ſolche ausgeleerte Kugel irgendwo wieder eingedrungen war, ſo ſann er nun auf eine eigene Maſchine, um dadurch einen leeren Raum zu bewirken, die

er

er endlich auch um das Jahr 1650 zu Stande brachte, und eine Luftpumpe (antlia pnevmatica) nannte. Seine erſte Einrichtung iſt folgende: ein metallener Cylinder (fig. 61.) b a c iſt unten bey a gebogen, um in ſelbigem bey c ein gläſernes Gefäß d einzuſetzen, und luftdicht zu verſchließen. Am Halſe dieſes gläſernen Gefäßes befindet ſich bey e ein Hahn, den man verſchließen kann, damit man das von Luft befreyete gläſerne Gefäß von der Pumpe abnehmen, und anderweitige Verſuche damit anſtellen könne. Bey g iſt eine mit einem Ventile verſehene Oeffnung, durch welche die Luft aus dem Cylinder heraus in die freye Luft tritt, wenn der Rückzug des Stempels gemacht wird. Um das Eindringen der äußern Luft beym Hahne e und bey der Stelle c mit deſto größerer Sicherheit abzuhalten, ſetzte Guericke die Pumpe beym wirklichen Gebrauche in ein Gefäß n o p q, welches ſo hoch mit Waſſer angefüllt war, daß der ganze Hals des Recipienten nebſt dem Hahne e damit bedeckt wurde. Am Querriegel l m der Zugſtange wurde der Stempel von zwey Perſonen aus- und eingezogen; auch wurden wol an m und l Seile gebunden, damit im nöthigen Falle eine oder zwey andere Perſonen angreifen konnten, wenn die Arbeit zuletzt bey ſtarker Verdünnung der Luft in den Recipienten ſehr beſchwerlich wurde.

Durch dieſe erſte Luftpumpe war Guericke im Stande, eine hohle Kugel, wiewol mit Mühe, ziemlich luftleer zu machen. Die Verſuche, die er hiemit anſtellte, bewieſen nicht nur, daß die Luft ſchwer ſey, ſondern daß ſie auch Elaſticität beſitze, und dieſe letzte Eigenſchaft ſcheint er erſt hier wahrgenommen zu haben. Nachher werden einige von dieſen Verſuchen

 ange-

angeführt werden. Der P. Schott, welcher mit ihm in Briefwechſel ſtand, beſchrieb dieſe ſeine Luftpumpe zuerſt in ſeiner mechanica hydraulico-pnevmatica und nachher in ſeiner technica curioſa. Durch dieſen lernte ſie Robert Boyle in England kennen, der einige Mängel daran entdeckte, und daher auf eine andere Einrichtung dachte. Er brachte auch endlich mit Hülfe des D. Hooke eine verbeſſerte Luftpumpe zu Stande, welche er ſchon nebſt den damit angeſtellten Verſuchen im Jahre 1659 bekannt machte [b]). Auf einem hinlänglich feſten Fußgeſtelle (fig. 62.) cd war der Cylinder ab in vertikaler Stellung befeſtiget, und der eingekittete Recipient h mit einem metallenen Deckel lm, in welchen ein eingeſchloſſener Stöpſel no ſich befand, verſehen. Seitwärts dieſes Stöpſels iſt unten am Deckel ein Haken p angebracht;, und wenn man unten am Stöpſel bey o einen Faden befeſtiget, welcher über den Haken p liegt, ſo kann man die im Recipienten befindlichen Sachen, die ebenfalls am Faden befeſtiget ſind, in verdünnter Luft durch Umdrehung des Stöpſels von der Stelle bewegen, indem ſich alsdenn der Faden aufwickelt. Der Stempel wird von unten in den meſſingenen Cylinder ab geſteckt, und an einer gezahnten Stange e, welche in das Getriebe f eintreibt, durch die Kurbel auf- und niedergewunden. Bey dieſem angebrachten Mechaniſmus, welcher die ſogenannte Fuhrmannswinde nachahmt, kann eine einzige Perſon den Stempel mit geringer Kraft auf- und niederbewegen. Am obern Theile des Cylinders befindet ſich ein Loch mit einem kleinen eingeſchliffenen metallenen

Stöp-

b) Nova experimenta phyſico-mechanica de vi aëris elaſtica. in opp. var.

Stöpſel. Oeffnet man nun den Hahn i und windet den Stempel abwärts, ſo tritt die Luft aus dem Recipienten in den Cylinder hinein, verſchließt man hierzächſt den Hahn, und öffnet das Loch k, ſo wird beym Einwinden des Stempels dieſe im Cylinder getretene Luft ins Zimmer getrieben.

Boyle gebrauchte dieſe Maſchine anfänglich bloß, um damit einen leeren Raum zu Stande zu bringen; in der Folge aber wendete er ſie auch als Compreſſionsmaſchine an. In dieſem Falle wird nämlich beym Herauswinden des Stempels das Loch k geöffnet, beym Einwinden hingegen verſchloſſen, und der Hahn i geöffnet. Die Vortheile, welche dieſe Maſchine vor der Guerickiſchen voraus hat, beſtehen darinn, daß eine ungleich geringere Kraft zum Aus- und Einwinden des Stempels nöthig iſt, und daß Körper weit leichter in den Recipienten gebracht werden können. Uebrigens wurde Boyle von ſeinen Landsleuten für den Erfinder der Luftpumpe gehalten, und deßwegen auch der durch die Luftpumpe bewirkte leere Raum die Boyliſche Leere (vacuum boylianum) genennt, welche eigentlich die Guerickiſche Leere heißen ſollte. Boyle ſelbſt aber geſteht Guericken die Erfindung mit vielem Lobe zu.

An dieſer Boyliſchen Luftpumpe ſetzt doch Guericke aus, daß durch den angebrachten Mechaniſmus zu viele Zeit verlohren gehe, und daß ſie nicht vollkommen luftdicht ſey. Dieß letztere ſieht ſelbſt Boyle als die größte Schwierigkeit an, um eine vollkommene Luftpumpe zu verfertigen. Guericke gebrauchte aber das Waſſer als das vornehmſte Hülfsmittel, die Luft abzuhalten, und er war im Stande, die Verdünnung der Luft viel weiter zu treiben, als Boyle

bey

bey ſeinen erſten Verſuchen thun konnte. Noch ehe Otto von Guericke einige Nachricht von der Boyliſchen Luftpumpe erhalten hatte, verfiel er auf eine andere Einrichtung, wobey er theils die Erleichterung der Arbeit, theils eine ſo viel möglich vollkommene Ausſchließung aller äußern Luft zur Abſicht hatte. Man findet ſie beym Schott beſchrieben [p]). Die Einrichtung dieſer Luftpumpe entſprach zwar dem Zwecke, den ſich Guericke vorgeſetzt hatte, allein ſie war auch äußerſt beſchwerlich, weil zwey über einander gelegene Zimmer dazu erfordert wurden. Dieß ſah ſelbſt Otto von Guericke ein, und verfiel daher auf eine andere weit einfachere Einrichtung, welche der Boyliſchen ähnlich iſt; hier wird die Bewegung des Stempels nicht durch eine Kurbel mit Getriebe, ſondern durch einen Hebel bewerkſtelliget. An der Stelle, wo der Hals des Recipienten in den Stiefel eingekittet iſt, befindet ſich ein Gefäß, um durch hineingegoſſenes Waſſer die Luft von dieſer Stelle und von dem Hahne abzuhalten. Dieſe letzte Maſchine beſchreibt Otto von Guericke ſelbſt in einer Schrift, welche er nach ſeinem Berichte in der Vorrede am 14ten März 1663 beendiget hatte, aber erſt ſpäter herauskam [q]).

Schon mit ſeiner erſten Maſchine hatte Otto von Guericke eine Menge Verſuche angeſtellt, welche nicht allein die Schwere der Luft bewieſen, ſondern auch zeigten, daß die Luft ſelbſt im verdünnteſten Zuſtande noch ein Beſtreben beſitze ſich auszudehnen oder daß ſie elaſtiſch ſey. Die Elaſticität der Luft ſcheint er

p) Technica curioſa. p. 67.

q) Exper. Magdeburg. de vacuo ſpatio. Amſt. 1672. fol. lib. III. cap. IV.

er zuerſt aus folgendem Verſuche geſchloſſen zu haben. Er machte eine Glaskugel, die mit einem Hahne am Halſe verſehen war, um ſie nach Belieben zu verſchließen und zu öffnen, mit Hülfe der Maſchine luftleer, verband ſie hierauf mit dem Halſe eines gläſernen Kolbens ſo genau, daß keine äußere Luft eindringen konnte; hiernächſt öffnete er den Hahn an der luftleeren Kugel, und nahm wahr, daß die im gläſernen Kolben befindliche Luft mit der größten Gewalt in den leeren Raum ſtrömte, ſo daß kleine Dinge, ſelbſt kleine Steinchen, welche in der luftleeren Kugel waren, in einem ſtarken Wirbel herumgetrieben wurden. Dieſer Verſuch diente Otto von Guericken zugleich, die Entſtehung des Sturmwindes, der Wolken und Nebel begreiflich zu machen, indem beym Einſtrömen der Luft ein dicker Nebel wie Wolken entſtanden, wobey zugleich kleine Waſſertröpſchen an der innern Wand der Glaskugel niedergeſchlagen wurden. Weil nun in dem gläſernen Kolben keine dichtere Luft, als die äußere atmoſphäriſche, befindlich war, ſo konnte Guericke natürlich nicht anders ſchließen, als daß ſie ein Vermögen beſitze ſich auszudehnen oder daß ſie elaſtiſch ſey, indem der Druck der äußern Atmoſphäre nicht mehr ſtatt finden konnte.

Nachher hat Otto von Guericke die Elaſticität der Luft durch mehrere Verſuche beſtätiget. Er nahm eine mit Luft völlig angefüllte Blaſe, brachte ſie in die oben beſchriebenen Halbkugeln, und ließ nach Zuſammenlegung derſelben die Luft ausziehen; nach einigen Zügen zerſprang die Blaſe mit einem Knall. Dieſe Wirkung konnte von nichts weiter zuwege gebracht werden, als von der ausdehnenden Kraft der in der Blaſe eingeſchloſſenen Luft. Ferner brachte

er

er eine halb aufgeblaſene mithin noch ſehr ſchlaffe Blaſe in den Recipienten der Luftpumpe; dieſe ſchwoll ſogleich auf, als die Luft aus dem Recipienten ausgezogen wurde, welches abermals die ſtarke ausdehnende Kraft der Luft bewieß. Ueberdem brachte auch Guericke ſeine Luftpumpe auf die höchſt möglichſte Stelle ſeines Hauſes, verband mit ihr eine Röhre, die ſich bis zur Erdfläche in einen Recipienten erſtreckte, der luftleer gemacht werden ſollte. Auf dieſe Art machte er auch den Recipienten wirklich ſo luftleer, als wenn dieſer mit der Maſchine unmittelbar verbunden geweſen wäre. Dieß konnte nun nicht anders möglich ſeyn, als daß die Luft im Recipienten durch ihre expanſive Kraft in der langen Röhre hinaufſtieg, und in der Höhe ausgetrieben wurde.

Aus dieſen Verſuchen ſchloß nun Guericke ſehr natürlich, daß die niedriger liegenden Luftſchichten in einem weit ſtärker comprimirten Zuſtande, mithin dichter, als die höher liegenden, ſeyn müſſen. Er ſagte nämlich ganz richtig, die atmoſphäriſche Luft könne wegen der Elaſticität an allen Stellen nicht einerley Dichte beſitzen; denn nothwendig müſſe diejenige Luftſchichte, welche niedriger läge als eine andere, auch von einer höhern Luftſäule, mithin ſtärker gedruckt werden, und daher mehr comprimirt oder dichter ſeyn, als dieſe. Um aber auch dieſe Schlüſſe durch Erfahrung zu beſtätigen, ſtellte er folgenden Verſuch an. Er ſchloß in einem gläſernen Gefäße Luft, wie ſie ſich unten an der Erdfläche befindet, mit einem Hahne ein, brachte ſelbiges auf eine Höhe, und öffnete den Hahn. Der Erfolg davon war, daß ein Theil Luft aus dem Gefäße durch den Hahn mit einem Ziſchen heraus fuhr. Nachdem er nun das Gefäß

oben

oben wieder verſchloß und an die vorige Stelle der Erdfläche herabbrachte, und daſelbſt abermals den Hahn öffnete, ſo ſtrömte ein Theil äußere Luft mit Geräuſch hinein. Dieſer Verſuch verſicherte ihm, daß die Luft unten in einem weit zuſammengepreßtern Zuſtande, mithin viel elaſtiſcher, als in der Höhe ſeyn müſſe. Er fügt noch die Bemerkung bey, daß, wenn jemand dieſen Verſuch mit gleichem Erfolge anſtellen wolle, ſowol die untere als auch die obere Luft gleiche Wärme beſitzen müſſe.

Außerdem bewieß aber auch Otto von Guericke, daß die Luft noch weit mehr zuſammengedruckt werden könne, als ſie im gewöhnlichen natürlichen Zuſtande ſich befände. Unter andern Erfahrungen, woraus er dieß ſchloß, führt er beſonders die Windbüchſen an, bey welchen ſich die Luft in der ſogenannten Windkammer durchs Einpumpen mit bloßen Händen zum wenigſten fünfmal ſtärker comprimiren laſſe. Doch war Guericken das Geſetz, nach welchem ſich die Verbindung zwiſchen dem Drucke und der Dichtigkeit der Luft richtet, noch unbekannt. Dieß wurde zuerſt von Boyle entdeckt. Ueberhaupt hat Boyle durch mehrere Verſuche die mechaniſchen Eigenſchaften der Luft umſtändlicher als Guericke erörtert.

Von der Elaſticität der Luft machte ſich Boyle folgende Vorſtellung; er meinte, die Luft ſey eine Zuſammenhäufung von ſolchen Theilchen, welche auf ähnliche Art, wie die Theile eines Schwammes, durch irgend eine äußere auf ſie druckende Kraft gekrümmt, und ſo in einen engen Raum zuſammengebracht würden, nach Nachlaſſung der druckenden Kraft aber ſich wieder in den vorigen Zuſtand verſetzten. Daher vergleicht

gleicht er auch, wie ſchon Paſcal that, die Luft mit einem Haufen Wolle, deren Theile aus Haaren beſtünden, die zuſammengedruckt wie Spiralfedern wirkten; denn ſobald der Druck auf ſie aufhöre, ſprängen ſie in ihren vorigen Zuſtand wieder zurück. Noch deutlicher glaubte aber Boyle die expanſive Kraft der Luft ganz mechaniſch nach Carteſius Art begreiflich zu machen, wovon in dem folgenden vierten Kapitel der Artikel, Atmoſphäre der Erde, nachzuſehen iſt.

Anfänglich bewieß Boyle die ausdehnende Kraft der Luft durch eben die Verſuche, wie Otto von Guericke, und zeigte daraus ebenfalls den dichtern und elaſtiſchern Zuſtand der Atmoſphäre in niedrigern Luftſchichten. Beſonders merkwürdig ſchien ihm aber dieſer Umſtand zu ſeyn, daß eine ſehr geringe Portion Luft, welche in einem kleinen Gefäße eingeſchloſſen wird, die gegen 28 Zoll hohe Queckſilberſäule erhalte. Nothwendig mußte ihm dieſe Erſcheinung auffallen, da man bisher bloß angenommen hatte, der äußere Druck der Atmoſphäre gegen die Queckſilberfläche könne nur dieſe Säule im Gleichgewichte erhalten, und dieſer Druck bey der im Gefäße eingeſchloſſenen Luft ganz wegzufallen ſchien. Allein Boyle ſagt ganz richtig, daß diejenige Luft, welche man im Gefäße einſchließe, eben die Dichtigkeit und Elaſticität behalte, welche ſie im Augenblicke der Einſperrung mit der äußern Luft gemein hatte, und daß daher die Erhaltung der Queckſilberſäule nicht von dem Drucke, ſondern von der Elaſticität der eingeſchloſſenen Luft herrühre, welche gerade ſo viel vermöge, als der äußere Druck der Atmoſphäre r).

So

r) Nova experimenta phyſico-mechanica de vi aëris elaſtica et ejus effectibus. exper. I. XVII.

So viele Gegner die damalige neue Lehre vom Drucke und von der Elaſticitåt der Luſt hatte, ſo waren ihre Grůnde doch viel zu gering, um jene auf richtigen Erfahrungen gegrůndete Theorie umzuſtoßen. Es wůrde ſich der Můhe nicht belohnen, ſie hier weiter zu erwåhnen. Bloß ein einziger von dieſen, welcher ſich nicht ůberreden konnte, daß die expanſive Kraft der Luft mit dem Drucke einer 28 Zoll hohen Queckſilberſåule je das Gleichgewicht halten kønne, bleibt dieſerwegen in der Geſchichte der Phyſik merkwůrdig, weil Boyle dadurch Veranlaſſung bekam, das Geſetz, nach welchem ſich die Verbindung zwiſchen dem Drucke und der Dichtigkeit der Luft richtet, zu entdecken. Dieß war nåmlich Franz Linus, Profeſſor zu Lůttich, welcher die Erſcheinungen des Saugens und der Spritzen, ſo wie die Erhaltung der Waſſer- und Queckſilberſåulen lieber von einem funiculus ableiten wollte. Um ſich hievon eine Idee zu machen, nehme man eine glåſerne 40 Zoll lange und auf beyden Seiten offene Røhre, halte die untere Oeffnung mit einem Finger zu, und fülle ſie alsdenn mit Queckſilber vøllig an; hierauf verſchließe man auch die obere Oeffnung mit einem Finger, und ziehe von der untern den Finger hinweg, ſo wird nun ſo viel Queckſilber aus der Røhre ablaufen, bis es auf eine Høhe von 28 Zollen gekommen iſt, auf welcher es in der Røhre hangen bleibt; dabey wird man aber an dem Finger, welcher die obere Oeffnung verſchließt, einen ſtarken Druck fůhlen, als wenn er mit Gewalt in die Røhre hineingezogen werden ſollte. Hier meint nun Linus, dieſe Queckſilberſåule kønne unmøglich von dem Drucke der åußern Luft, oder, wenn die untere Oeffnung der Røhre in einem verſchloſſenen Gefåße ſich befånde, von der Elaſticitåt der Luft erhalten wer-

den; ſondern ſie hange gleichſam an einem gewiſſen innern funiculo (Fädchen), deſſen oberes Ende am Finger feſt ſey, ſo daß derſelbe durch das Gewicht der Queckſilberſäule herabgezogen und an der Röhre feſt gehalten werde. Um nun die Unrichtigkeit dieſer von Linus behaupteten Meynung durch einen entſcheidenden Verſuch zu zeigen, nahm Boyle eine gekrümmte Glasröhre (fig. 63.) abcd, deren Schenkel ab und cd parallel aber ungleich lang waren; die kürzere cd hatte 12 Zoll Länge und war bey d verſchloſſen, die längere ba aber war einige Fuß lang und oben bey a offen. Hiernächſt goß er nun in die Röhre ſo viel Queckſilber hinein, daß gerade die Krümmung bc ausgefüllt, und dadurch die Luft in dem kürzern Schenkel cd völlig von der äußern abgeſchnitten wurde; hierauf füllte er in den längern Schenkel ba ſo viel Queckſilber über b, bis die Luft in dem kürzern Schenkel cd nur noch 6 Zoll oder den Raum dg einnahm; hiebey fand er, daß das Queckſilber in dem längern Schenkel über der horizontalen Linie fg um 29 Zoll höher, als im kürzern bey g, ſtand. Dieſer Verſuch zeigte alſo Boylen, daß ſich die Höhe der Säule fe + der Barometerhöhe (29 Zoll) zu der Barometerhöhe (29 Zoll) allein wie cd zu gd verhielt, oder hier 58 : 29 = 12 : 6. Boyle blieb jedoch hiebey nicht ſtehen, ſondern vermehrte nach und nach die Menge des Queckſilbers in der Röhre ba, und fand jederzeit, daß ſich die Höhe der Queckſilberſäule fe + der Barometerhöhe (29 Zoll) zur Barometerhöhe (29 Zoll) wie cd zu gd verhielt. War z. B. die Höhe fe = 2. 29 = 58 Fuß, ſo verhielt ſich 58 + 29 : 29 = 12 : 4, oder dg war 4 Zoll. Seine Reſultate brachte er in eine Tabelle, und ſtellte nach derſelben das Geſetz auf,

daß

daß ſich die Luft nach dem Verhältniſſe der zuſammendruckenden Kraft verdichte.

Bey dieſem Verſuche hatte Boyle bloß die Abſicht, zu beweiſen, daß die Elaſticität der in dg eingeſchloſſenen Luft wirklich vermögend ſey, dem Drucke der 29 Zoll hohen Queckſilberſäule fe das Gleichgewicht zu halten, es war ihm nicht eingefallen, ihn auch in Rückſicht zur Auffindung des Geſetzes, nach welchem ſich die ausdehnende Kraft der Luft richte, anzuſtellen. Allein einer ſeiner Schüler, Richard Townley hatte bemerkt, daß ſich dabey die Elaſticität verkehrt, wie der Raum der Luft, verhalte. Denn weil die Luft beym Einſchließen den Raum cd = 12 Zoll eingenommen, und mit der äußern Luft eine gleiche Dichtigkeit gehabt hatte, oder eine 29 Zoll hohe Queckſilberſäule hätte halten können, ſo war jetzt der Raum gd, den ſie einnahm, nur 6 Zoll; dagegen hielt ihre Elaſticität nicht allein den Druck der äußern Luft bey g, wie vorher, ſondern auch überdem noch den Druck der 29 Zoll hohen Queckſilberſäule fe aus, und war folglich doppelt ſo groß wie vorher. Nach dem Berichte des Boyle ließ ſich auch dieſes Geſetz aus verſchiedenen von dem damaligen Präſidenten der königlichen Geſellſchaft zu London Brounker angeſtellten Verſuchen ſchließen. Allein Boyle wollte ſich ſelbſt durch eigene Verſuche von der Richtigkeit deſſelben überzeugen. Zu dem Ende nahm er ein 6 Fuß hohes cylindriſches Gefäß (fig. 64.) abcd, und füllte es mit Queckſilber an; hierauf brachte er in ſelbiges eine auf beyden Seiten offene Glasröhre fg ſo weit hinein, daß der oben hervorragende Theil ef noch 1 Zoll betrug. Dieſe Röhre füllte ſich nun bis e mit Queckſil-

der an, und in dem obern Raume ef blieb Luft von der nämlichen Dichtigkeit und Elaſticität, welche die äußere umgebende atmoſphäriſche Luft hatte, und damals einer Queckſilberſäule von $29\frac{3}{4}$ Zollen das Gleichgewicht hielt. Die Oeffnung f der Röhre fg verſchloß er hiernächſt mit Siegellack genau, und zog die Röhre aus dem Queckſilber ſenkrecht herauf in die Stellung hk. Hiebey bemerkte er, daß ſich die Luft im obern Theile in den Raum hi ausdehnte, und ſich zugleich unter ihr die Queckſilberſäule li über die Oberfläche ad erhob. Dieſer Erfolg zeigte alſo natürlich, daß die Elaſticität der im Raume hi eingeſchloſſenen Luft geringer geworden war, und gegen die Queckſilberfläche bey i weniger drucke, als die äußere Luft auf die Luft ad, und daß die erhobene Queckſilberſäule li noch nöthig ſeyn müßte, um das Gleichgewicht herzuſtellen. Da der Raum ih = 2 Zoll war, fand er li = $15\frac{3}{8}$ Zoll; dieß gab zu erkennen, daß die Luft in ih, die jetzt im gedoppelten Raume ausgebreitet war, von ihrer vorigen Elaſticität ($29\frac{3}{4}$) gerade ſo viel verlohren, und folglich nur noch $29\frac{3}{4} - 15\frac{3}{8} = 14\frac{3}{8}$ übrig hatte, welches beynahe die Hälfte der vorigen Größe iſt. War hi = 6 Zoll, ſo fand ſich li = $24\frac{7}{8}$ Zoll; daher hatte die 6 mal verdünnte Luft von $29\frac{3}{4}$ Elaſticität nur noch $29\frac{3}{4} - 24\frac{7}{8} = 4\frac{7}{8}$ d. i. den 6ten Theil übrig. Auf dieſe Weiſe fuhr Boyle fort bis zur 32 fachen Verdünnung der Luft, und fand dadurch das angeführte Geſetz, daß ſich die Elaſticität verkehrt, wie der Raum der Luft verhalte, ziemlich genau beſtätigt *).

Boy-

*) Defenſio de elatere et grauitate aëris aduerſ. object. *Franciſci Lini.* Genev. 1680. 4. Pars II. cap. V.

Boyle hat nachher noch eine große Menge Verſuche angeſtellt, um daraus die ungemein ſtarke expanſive Kraft theils der im gewöhnlichen Zuſtande uns umgebenden Luft, theils aber auch bey größerer Zuſammendruckung, zu erweiſen. Unter andern küttete er eine auf beyden Seiten offene und drey Fuß hohe Glasröhre in die Mündung eines weitbauchigen gläſernen Gefäßes, das zum Theil mit Waſſer angefüllt war, zum Theil umgebende Luft enthielt, ſo ein, daß die untere Oeffnung der Röhre beynahe bis an den Boden des Gefäßes reichte, und nirgends Luft in das Gefäß dringen konnte; dieſen Apparat brachte er unter einen birnförmigen Recipienten mit einem langen Halſe, damit noch eine ziemliche Höhe von der obern Oeffnung der im Gefäße eingekitteten Röhre im Recipienten übrig blieb. Nachdem er nun mittelſt ſeiner Maſchine einen einzigen Zug hatte thun laſſen, mithin die Luft unter dem Recipienten in einem ſehr geringen Grade verdünnt war, ſo fieng das Waſſer aus der im Gefäße eingekitteten Röhre ſo hoch zu ſpringen an, daß der Strahl an das verſchloſſene Ende des langen Halſes am birnförmigen Recipienten anſtieß. Natürlich konnte Boyle den Grund dieſer Erſcheinung bloß in der expanſiven Kraft der im gläſernen Gefäße eingeſchloſſenen ſehr wenigen Luft ſuchen, welche doch nur mit dem Ueberſchuſſe der Expanſibilität der eingeſchloſſenen und im Recipienten verdünnten Luft wirken konnte t). Durch einen andern Verſuch fand er die ausdehnende Kraft der Luft ſo groß, daß er

t) Nouor. experiment. phyſico - mechanicor. continuat. prima de aëris elaterio et pondere. Genevae 1695. 4. exper. IV.

er mittelſt ſeiner Maſchine einen Theil auf 13000 mal verdünnen konnte, welches ohne der außerordentlich expanſibeln Kraft der Luft unmöglich geweſen wäre u). Mehrere Verſuche dieſer Art anzuführen, würde ganz unnöthig und dem Zwecke völlig zuwider ſeyn, da ſchon die bisher angeführten hinreichend ſind einzuſehen, wie vorſichtig Boyle zu Werke gieng, um die Elaſticität der Luft außer allem Zweifel zu ſetzen.

In Rückſicht der Zuſammenpreſſung der Luft führt Boyle, ſo wie Otto von Guericke, das Beyſpiel der Windbüchſen an, in welchen die Luft wohl in einen 15 mal geringern Raum comprimirt werden könne. Ja er verſichert, daß er auch ohne den Gebrauch ſeiner Maſchine, die Luft in einen 40 Mal kleinern Raum zuſammenzubringen vermögend geweſen ſey x).

Zu gleicher Zeit mit den beyden Männern, Otto von Guericke und Robert Boyle haben ſich die Mitglieder der Akademie zu Florenz bemüht, die mechaniſchen Eigenſchaften der Luft näher zu entwickeln. Ueberzeugt durch Torricelli's Verſuche, daß es in der Natur einen wirklich luftleeren Raum geben könne, brachten ſie einen ſolchen auf folgende Art zu Stande. Das verſchloſſene Ende einer Torricelliſchen Röhre blieſen ſie in Geſtalt einer Phiole oder einer Kugel auf, die am obern Ende geöffnet werden konnte, um Körper von einiger Größe hineinzubringen. Hiernächſt wurde alsdenn die Kugel oben wieder verſchloſſen, alles mit Queckſilber angefüllt, und die untere Oeffnung in

u) Tractatus, vbi I. aëris rarefactio detecta etc. exp. IV.

x) ibid. de condenſatione aëris per frigus ejusque compreſſione absque machinis mechanicis.

in ein Gefäß mit Queckſilber gebracht, da alsdenn daſſelbe herabſank, und den obern kugelförmigen Raum luftleer ließ. Obgleich dieſe Methode, einen luftleeren Raum zu Stande zu bringen, äußerſt beſchwerlich war, ſo haben ſie doch in ſelbigem verſchiedene wichtige Verſuche angeſtellt, wovon einige bereits angeführt worden ſind. Unter andern fanden ſie auch durch Hülfe einer ſolchen luftleeren Phiole, daß ſich die Luft vermöge ihrer ausdehnenden Kraft auf 174 mal verdünnen laſſe, indem ſie ſich in einen 174 mal größern Raum ausbreite, als die umgebende atmoſphäriſche Luft (y).

Vermiſchte Bemerkungen und Erfindungen.

Daß Wärme und Kälte einen merklichen Einfluß auf die Luft habe, war längſt bekannt; allein man hatte bisher noch nicht daran gedacht, wie ſtark und nach welchem Geſetze die Wärme auf die Ausdehnung der Luft wirke; ſelbſt dieſer ganze Zeitraum verfloß, ohne daran zu denken. Man bemerkte bloß durch wenige Verſuche die Ausdehnung der Luft durch die Wärme etwas genauer, als vorher geſchehen war, und ſchon dieß mußte natürlich in der Folge, beſonders bey Verbeſſerung der Thermometer, Veranlaſſung geben, auch dieſen ſo wichtigen Gegenſtand etwas genauer zu beleuchten. Ob alſo gleich in dieſer Sache ſehr wenig gethan wurde, ſo verdient doch auch dieß wenige hier angeführt zu werden.

Der P. Merſenne fand, daß ſich die Luft bey der gewöhnlichen Temperatur der Atmoſphäre durch eine

(y) Tentamina experim. natural. in Academia del Cimento captor. ed. a *Muſſchenbroek*. Lugd. Bat. 1731. 4. p. 36.

eine Vermehrung der Wärme bis zum Glühen der Aeolipile (ohne jedoch zu ſchmelzen) in einen 70 mal größern Raum ausdehne. Denn ſeine Aeolipile enthielt einen Raum, welcher 13 Unzen 1½ Drachme Waſſer aufnehmen konnte; nachdem er ſie nun glühend gemacht hatte, und den Schnabel ins Waſſer hielt, ſo ſaugte ſie bis zur Erkaltung gerade 13 Unzen Waſſer ein, mithin blieb nur noch ein Raum übrig, welcher 1½ Drachme Waſſer faſſen konnte, und welcher, die Unze zu 8 Drachmen gerechnet, den 70 Theil des ganzen Raums der Aeolipile ausmachte. Dieſer Raum enthielt nun Luft von der Dichtigkeit der äußern atmoſphäriſchen, die ſich folglich bey der Glühehitze in den ganzen Raum der Aeolipile verbreitet hatte; mithin hatte ſich die atmoſphäriſche Luft bey der gewöhnlichen Temperatur unſerer Atmoſphäre in einem 70 mal größern Raum verbreitet[z]). Eben dieß Reſultat erhielt auch Boyle, welcher dieſen Verſuch wiederholte.

Auch war man neugierig zu wiſſen, ob die Luft durch anhaltendes Zuſammendrucken etwas von ihrer expanſiven Kraft verliehre. Roberval ließ eine geladene Windbüchſe 16 Jahre lang ſtehen; am Ende fand er die Ladung derſelben noch eben ſo elaſtiſch, wie vorher, mithin hatte die condenſirte Luft nichts von ihrer Elaſticität verlohren.

Der Gebrauch der Windbüchſen wurde in dieſem Zeitraume wegen der entdeckten mechaniſchen Eigenſchaften der Luft häufiger, als vorher. Wo und von wem dieſes Gewehr erfunden worden iſt, iſt unbekannt. Muſſchenbroek[a]) führt an, daß ſich in der Ge-

z) Phaenomena pneumatica. propoſ. XXXI.

a) Introductio ad philoſoph. natural. T. II. §. MMCXII.

wehrkammer eines Deutſchen, des Herrn von Schmertzau, eine noch ſehr unvollkommene Windbüchſe mit der Jahrzahl 1474 befunden habe. Auch ſagt er, Merſenne berichte, daß ein Franzöſiſcher Künſtler Nahmens Marin, Bürger zu Liſieux in der Normandie, eine Windbüchſe für den König Heinrich IV. verfertiget. (Ich habe jedoch beym Merſenne nichts davon finden können). Merſenne beſchreibt aber zuerſt, ſo viel ich weiß, die Einrichtung, den Gebrauch und die Stärke derſelben [b]). Das Weſentlichſte an einer Windbüchſe iſt eine hinlänglich feſte Windkammer, worin die Luft comprimirt wird. Dieſe befindet ſich gleich unmittelbar an dem Schwanzſtücke des Laufs, und iſt von dieſem durch ein Ventil getrennt, das ſo lange verſchloſſen bleibt, bis eine Kugel abgeſchoſſen werden ſoll. Eine andere Einrichtung der Windbüchſen gab Otto von Guericke an, welche aber weiter keinen Beyfall gefunden hat. Statt eines condenſirten Raumes bringt er in die Mitte des Rohres ein luftleeres Gefäß an; an der einen Oeffnung des Rohres befindet ſich ein Ventil, das ſich nach außen öffnet, und in die andere Oeffnung wird die Kugel gebracht. Wird nun das luftleere Gefäß geöffnet, ſo ſtrömt die in dem Rohre befindliche Luft mit Gewalt in ſelbiges hinein, und die äußere Luft treibt die Kugel im Rohre fort [c]).

Otto von Guericke hat auch in dieſem Zeitraume ein Werkzeug angegeben, das er in einem Briefe an den P. Schott im Jahre 1661 beſchrieb [d]), und

b) Phaenomena pneumatica prop. XXII. XXXIII.

c) Experim. noua de vacuo ſpatio lib. III. cap. XXIX.

d) Technica curioſa, Herbip. 1664. 4. lib. I. cap. 21.

und nachher in ſeinen Verſuchen über den luftleeren Raum ſelbſt bekannt machte c). Er gab es aber irrig für ein Barometer aus; vielmehr iſt es ein Dichtigkeitsmeſſer, oder Manometer (manometrum). Man weiß, daß ſich in einer Luftſchichte die Dichtigkeit der Luft durch Wärme, Feuchtigkeit u. ſ. ändern kann, ohne daß dieß eben in einer andern Luftſchichte ſtatt findet. Um alſo in einer ſolchen Luftſchichte die veränderte Dichtigkeit der Luft meſſen zu können, dient eben dieß von Guericken angegebene Werkzeug. Es beſteht aus einer kupfernen Kugel von etwa einem Fuß Durchmeſſer, welche ſo viel möglich luftleer gemacht und dann feſt verküttet wird. Dieſe luftleere Kugel wird an einen empfindlichen Wagebalken gehängt, und mit einem am andern Ende hangenden Gegengewichte, das ſo klein als möglich iſt, ins Gleichgewicht gebracht. Den Raum, welchen das kleine Gegengewicht in der Luft einnimmt, kann man für unbeträchtlich halten, mithin annehmen, daß es beſtändig gleich ſchwer bleibe. Die Kugel aber, welche einen weit größern Raum einnimmt, wird von ihrem wahren Gewichte ſo viel verlieren, als das Gewicht der Luft beträgt, welche ſie aus der Stelle treibt, mithin mehr, wenn die Luft dichter, und weniger, wenn ſie dünner wird. Auf ſolche Art wird die Kugel in dünnerer Luft, und das Gegengewicht in dichterer den Ausſchlag geben, welcher entweder durch zugelegte kleine Gewichte, oder durch einen oben an der Wage befeſtigten und in Graden getheilten Kreisbogen abgemeſſen werden kann. Bey der letztern Einrichtung muß aber vorher durch Verſuche ausgemacht ſeyn, wie viel Gewicht ein jeder Grad des Ausſchla-

c) Exper. noua de vacuo ſpatio. lib. III. cap. XXXI.

ſchlages am Kreisbogen anzeige. Wenn man nun das Gewicht der Luft zu der Zeit, da das Inſtrument verfertigt worden iſt, unter dem Raume der Kugel kennt, ſo zeigt die Größe des Ausſchlages zu jeder andern Zeit den Theil davon an, um welchen die Luft dichter oder dünner iſt. Hätte z. B. die Luft zu der Zeit der Verfertigung der Kugel, welche den Raum derſelben einnimmt, 800 Gran gewogen, und es gäbe jetzt die Kugel 8 Gran Ausſchlag, ſo wäre jetzt die Luft um $\frac{8}{800} = \frac{1}{100}$ leichter, als die anfängliche, oder ſie verhielt ſich zur letztern wie 792 : 800 d. i. wie $\frac{792}{800} : 1$.

Herr Pfleiderer f), Prof. zu Tübingen, behauptet, man beſchuldige Otto von Guericken mit Unrecht, daß er das Manometer mit dem Barometer verwechſelt habe, und beruft ſich dieſerwegen auf einige Stellen ſeiner Schrift, wo er ausdrücklich anführe, daß die Veränderung ſeiner gläſernen luftleeren Kugel von dem veränderten Gewichte der umgebenden Luft herrühre (p. 100. 114. der experim. nov. de vacuo ſpatio), und wo er auch bemerke, daß ſich die Dichtigkeit und das Gewicht der Luft nicht allein durch verſchiedenen Druck, ſondern auch durch verſchiedene Wärme ändere (p. 101. 124.), und endlich, wo es das Gewicht der ganzen Luftſäule von dem Gewichte einer einzelnen Luftſäule genau unterſcheide (p. 100. 101.). — Allein ſo richtig auch Guericke alles dieß einſah, ſo iſt doch gewiß, daß er das Monometer mit dem Barometer verwechſelte. So, ſagt er (p. 114.) ausdrücklich, wenn es regne, falle viel Waſ-

ſer

f) Theſium inaugural. pars mathematico-phyſica, quam menſ. ſept. 1792. defend. candidati laureae ſecundae. Tubing. 4. theſ. XIX.

ſer aus der Luft, daher werde ſelbige leichter, und die Kugel ſinke herab; und an einer andern Stelle (p. 100) behauptet er, durch dieſes Inſtrument könne man beobachten, ob es in der Gegend weit und breit regne, oder nicht, ob es zu regnen aufhöre, oder anfange u. ſ. w. Hieraus erhellet alſo offenbar, daß Guericke zwar die Grundſätze kannte, auf welche der Unterſchied des Manometers und Barometers beruht, aber in der Anwendung betrachtete er ſie doch als einerley.

Auch Boyle [g]) machte dieß Manometer als ſeine Erfindung bekannt, und betrachtete es ebenfalls als Barometer, und gab ihm den Nahmen des ſtatiſchen Baroſkops.

Endlich hat man auch in dieſem Zeitraume verſchiedene Verſuche gemacht, in der Luft zu fliegen. In den alten Schriften lieſet man von der Fliegkunſt ſehr viel fabelhaftes, und alles, was davon angeführt wird, ſcheint doch mehr auf fliegende Automate, als auf das Fliegen der Menſchen in der Luft, hinzuweiſen. Der erſte, welcher darauf gedacht zu haben ſcheint, war Roger Baco im dreyzehnten Jahrhunderte. Nachher hat auch Joh. Baptiſta Porta [h]) hiezu einen Vorſchlag gethan, ſo wie Hieronymus Cardanus [i]) verſchiedene Beyſpiele anführt von ſolchen, welche ſchon zu ſeiner Zeit die Kühnheit gehabt hätten, dieſe Kunſt zu probiren. Glücklich konnten alle dieſe Verſuche freylich nicht ablaufen, indem zu dieſer Zeit alle Eigenſchaften der Luft

g) Philoſ. Tranſact. n. 14. p. 231. imgl. in der hiſtoria frigoris tit. 14.

h) Magia natural. lib. XX. cap. vlt.

i) De ſubtilitate lib. XVII.

Luft unbekannt waren. Im Jahre 1628 gab der damalige Prof. zu Tübingen Friedrich Herrmann Flagder eine kleine Schrift unter dem Titel heraus: de arte volandi, in welcher er ſich rühmt, eine Anweiſung zu geben, wie ein Menſch ohne Gefahr leichter und geſchwinder, als kein Vogel in der Luft, ſoll fliegen können wohin er wolle. Harsdörfer [k]) ſagt: "als ich dieſes Büchlein zu Frankfurt gekauft, und mit großer Begierde geleſen, von einem Mönch Elmero de Malmaberia, der ihm ſelbſt Fliegel angemacht, und von einen Thurm über 1000 Schritte geflogen, aber von einem Wirbelwinde geſtürzt worden, daß er die zwey Beine zerbrochen, und ſein Leben mit großen Schmerzen geendet; wiederum von zwey andern, denen es alſo auch ergangen, habe ich des Schluſſes mit großer Gedult erwartet, und endlich gefunden, daß der Menſch mit denen Gelenken beſagter maaßen alle Vögel überfliegen könne; darüber habe ich das Buch mit dem Saalbader hinweggeworfen, und das Fliegen liegen gelaſſen." Auch führt Paſchius [l]) noch von dem unglücklichen Mönch Elmero von Malmaberia an, daß er dieß einzig und allein als Urſache ſeines übel gerathenen Fluges und des darauf erfolgten Falles gehalten habe, daß er bey der Zurichtung der Maſchine vergeſſen, ſich einen Schwanz an die Lenden anzubinden.

Bewegung der Luft.

Daß die Bewegung der Luft oder der Wind vorzüglich durch die Ausdehnung der Luft mittelſt der Sonnenwärme und durch Verdichtung derſelben in gewiſſen Regionen der Atmoſphäre entſtehe, iſt ſchon von jeher,

k) Mathematiſche Erquickſtunden Th. II. S. 475.
l) De inuentis no-antiquis. cap. VII. p. 639.

jeher angenommen worden, und der Lord Bacon von Verulamio war beſonders der erſte, welcher einen guten Grund zur Lehre der Luft legte (m. ſ. S. 91.) Nachher haben ſich mehrere bemüht, die Theorie der Winde noch näher zu entwickeln, und ihren Urſprung mechaniſch zu erklären.

Carteſius m) ſuchte die Entſtehung der Winde aus den Erſcheinungen der Dampfkugel herzuleiten, nur mit dem Unterſchiede, daß die Dämpfe in der Luft nicht allein von der Oberfläche des Waſſers, ſondern auch von der feuchten Erde, dem Schnee und den Wolken fortgetrieben, und in der Luft nicht ſo ſehr zuſammengehalten würden, wie in der Dampfkugel.

Hieraus erklärt er nun die allgemeinen, regelmäßigen und unregelmäßigen Winde. Daß die Oſtwinde trockener und zur Aushellung des Himmels geſchickter wären, als die Weſtwinde, rühre daher, weil die letztern dem natürlichen Laufe der Dämpfe von Oſten gegen Weſten gerade entgegen wären, mithin dieſelben verdichteten, und in Wolken zuſammenbrächten. Ueberdieß nehme man auch gewöhnlich wahr, daß die Oſtwinde des Morgens, die Weſtwinde aber des Abends weheten. Dieß leitet er von der verſchiedenen Erwärmung der in der Atmoſphäre befindlichen Dünſte durch die Sonne ab.

Auf ähnliche Art ſucht er durch ungleiche Erwärmung der Atmoſphäre unſerer Erde zu erklären, warum der Nordwind öfterer am Tage als zur Nachtzeit wehe, und warum er gleichſam mehr vom Himmel herab gegen die Erde, als umgekehrt zu kommen ſcheint, und endlich warum er heftig, kalt und trocken iſt;

warum

m) Meteorum cap. IV. de ventis.

warum ferner der Südwind öfter des Nachts als am Tage wehet, warum er gleichſam von unten herauf gegen den Himmel zu kommen ſcheint, warum er gelinder und ſchwächer, als jeder andere Wind, und warum er warm und feucht iſt. Ueberdem bemüht er ſich auch, aus der Verſchiedenheit der Einwirkung der Sonnenwärme auf die Atmoſphäre und der darin befindlichen Dünſte begreiflich zu machen, warum beym angehenden Frühlinge die Winde gewöhnlich am trockenſten ſind.

Alle dieſe Winde, ſagt er, würden beſtändig regelmäßig erfolgen, wenn man vorausſetzen könnte, daß die Oberfläche der Erde überall auf gleiche Art mit Waſſer bedeckt wäre, und daß es keine andere Urſache außer der Sonnenwärme gäbe, durch welche die Dünſte fortgetrieben würden. Allein indem die Sonne über dem Horizont glänze, ſtiegen gewöhnlich mehrere Dünſte von dem Meere als von dem feſten Lande in die Atmoſphäre, da hingegen, wenn die Sonne unter dem Horizonte ſich befände, das feſte Land, welches die Wärme ſtärker zurückhalte, eine größere Menge von Dünſten aufſteigen läßt; daher komme es, daß der Wind am Tage vom Meere, des Nachts aber vom Lande aus wehe. Ueberdem folge diejenige Luft, welche mit der Fläche der Gewäſſer in Berührung ſey, gewiſſer Maaßen der Bewegung derſelben, und erleide dadurch in der Richtung eine Aenderung; daher ändere ſich oft der Wind neben dem Geſtade des Meeres mit der Ebbe und Fluth, und bey ruhiger Atmoſphäre fühle man neben großen Flüſſen einen ſanften nach der Richtung des fließenden Waſſers wehenden Wind. Auch ſey wol zu erwägen, daß die auf der Waſſerfläche erzeugten Dünſte viel feuchter und gröber als diejenigen

jenigen wären, die von dem feſten Lande aufſtiegen, und daher beſtändig mehr Luft mit ſich führten; bey übrigens gleichen Umſtänden würden alſo Stürme auf dem Meere weit heftiger, als auf dem feſten Lande ſeyn, und derſelbe Wind könne in einer gewiſſen Gegend trocken, in einer andern aber feucht ſeyn. Ferner könne durch das ungleiche Mondenlicht ſo wie durch das Licht der Sterne das Forttreiben der Dämpfe auf mannichfaltige Art befördert werden. Endlich aber komme noch hinzu, daß die Dünſte in verſchiedenen Gegenden ſehr ungleich aufſtiegen; denn auf eine ganz andere Art würden die Berge erwärmt, als die Thäler, ganz anders die Wälder, als die Wieſen, ganz anders angebauete als öde Fluren. Alle dieſe Umſtände, ſo wie noch mehrere, müßten daher nothwendig auf die Entſtehung der beſondern Winde einen ſehr großen Einfluß haben.

Es fällt in die Augen, daß die Erklärung vom Urſprunge der Winde aus den Erſcheinungen der Dampfkugel gar nicht paſſend ſey. Denn der Wind der Dampfkugel entſteht bloß von der außerordentlichen Geſchwindigkeit des in ſelbiger erzeugten Waſſerdampfes, mit welcher er aus der ſehr engen Oeffnung auszugehen genöthigt wird. In der Atmoſphäre aber läßt ſich keine ſo heftige Verdampfung des Waſſers durch die Hitze, noch eine ähnliche Zuſammenhaltung der erzeugten Dämpfe gedenken.

Gaſſendi [n]) nimmt ebenfalls die Sonnenwärme als die vorzüglichſte Urſache der Entſtehung der Winde an, und behauptet auch, daß die wirkliche Bewegung der Luft durchs Forttreiben der erwärmten wäſſe-

n) Phyſica. ſect. III. cap. I. de ventis.

wäſſerichten Dünſte erfolge; dabey ſeßt er voraus, es vermiſchten ſich gewiſſe Atome mit der Luft, die ihrer Natur nach dieſelbe erkälteten und erwärmten, wodurch kalte und warme Winde entſtänden. Dieſe Atome ſind nämlich zarte Theilchen von verſchiedenen Salzen, welche allenthalben von der Oberfläche der Erde in die Atmoſphäre aufſtiegen, ſich daſelbſt mit der Luft vermiſchten, und dieſe nach Verſchiedenheit der Salze warm und kalt machten. Ohne Salztheile in der Atmoſphäre anzunehmen, laſſe ſich gar nicht erklären, warum ein und derſelbe Wind bald warm bald kalt wäre. — Die angenommenen Salztheile ſcheinen nun wol nach Gaſſendi's Meynung eben nicht erforderlich zu ſeyn, um aus ihnen die verſchiedenen Winde abzuleiten, ob es gleich nicht ganz zu läugnen iſt, daß ſie in manchen Fällen als mitwirkende Urſachen zu betrachten ſeyn mögen. —

Etwas richtigere Vorſtellungen von der Entſtehung der Winde machte ſich Bernhard Varenius [o]). Er ſagt, weil der Wind nichts weiter ſey, als eine fließende Luft, ſo müſſe auch alles das, was die Luft zum Fortfließen bringe, als eine Urſache des Windes angeſehen werden. Er führt folgende Urſachen an: 1. die erſte und allgemeinſte Urſache iſt die Sonnenwärme, welche die Luft in einen größern Raum ausdehnt, und die angrenzende Luft mit Gewalt forttreibt. Die größte Einwirkung der Sonnenwärme auf die Luft findet beſonders in der heißen Zone ſtatt, und weil die Sonne beſtändig vom Morgen gegen Abend

o) Geographiae generalis pars abſoluta lib. I. cap. XX. prop. X. ſqq.

Abend fortruckt, ſo treibt die ausgedehnte Luft die benachbarte vorzüglich gegen Weſten hin, und daher kommt es, daß in der heißen Zone ein beſtändiger Morgenwind wehet. Zwar treibt die durch die Sonnenwärme ausgedehnte Luft die angrenzende nach allen möglichen Weltgegenden, am meiſten aber wegen des beſtändigen Fortruckens der Sonne vom Morgen nach Abend, gegen Weſten. In unſerer gemäßigten Zone wehet daher beſtändig auch vorzüglich in den Morgenſtunden ein gelinder Oſtwind, wenn von den übrigen Winden keiner beſonders herrſchend iſt. 2. Die andere Urſache iſt, wie faſt alle, die in dieſem Zeitraume von den Winden gehandelt haben, annehmen, die reichlichen Dünſte vom Meere und von der Erde, welche durch die Wärme ſtark ausgedehnt, und auf ſolche Art fortgetrieben werden. 3. Die dritte Urſache iſt die Ausbreitung und Verdünnung der Wolken, welche entweder von der Sonne, oder von den feurigen und ſchweflichten Theilen, die ſie enthalten, bewirkt werde. 4. Die vierte Urſache iſt das Schmelzen des Schnees und Eiſes, beſonders auf hohen Bergen. 5. Die fünfte Urſache iſt der Aufgang und die verſchiedene Stellung des Mondes und der Sterne, und 6. die ſechſte Urſache iſt die Verdichtung und Verdünnung der Luft durch irgend eine Kälte oder Wärme.

Uebrigens ſetzt Varenius ganz richtig die ſehr ungleiche Eigenſchaft und Wirkung der verſchiedenen Winde in die Beſchaffenheit der Orte, von welchen ſie herkommen. So wehen die Winde aus kalten Gegenden kalt, aus warmen warm, vom Meere und von Seen feucht, von trockenen Gegenden trocken u. ſ. f. Daher ſagt er, könnten Winde, die von einerley Gegend herkämen, für manche Orte warm u. ſ. f. für andere

dere aber kalt u. ſ. f. ſeyn. So wäre z. B. der Süd-wind in unſerer gemäßigten Zone warm, da er hingegen in der gemäßigten ſüdlichen Zone kalt wäre u. ſ. w.

Aus dieſen angeführten Urſachen von der Entſtehung der Winde verbunden mit den lokalen Beſchaffenheiten des Erdbodens ſucht nun Varenius die beſtändigen und unbeſtändigen, allgemeinen und beſondern, regulären und irregulären und die periodiſchen Winde herzuleiten.

Eben dieſe Urſachen von dem Urſprunge der Winde führt auch Athanaſius Kircher [p]) an.

Zweytes Kapitel.

Meynungen und Entdeckungen in der Lehre von den ſchwingenden Bewegungen ſchallender und klingender Körper.

Schall, Klang, Ton.

Der P. Merſenne [q]) war der erſte, welcher die Theorie des Klanges und vorzüglich der Töne etwas näher unterſuchte, als es Lord Bacon von Verulamio gethan hatte (m. ſ. S. 95.). Er ſetzt ganz

p) Mundus ſubterraneus. Amſtel. 1665. fol. Tom. I. lib. IV. ſect. II.

q) Harmoniae liber primus.

ganz richtig die Verſchiedenheit der Töne in die verſchiedene Anzahl der Schwingungen der klingenden Körper in einer beſtimmten Zeit. Er ſtellte hierüber eine Menge von Verſuchen mit Saiten aus verſchiedenen Materien an. Dieſe Verſuche gaben ihm folgende Reſultate. Was nämlich die Schwingungen der Saiten überhaupt betrifft, ſo iſt die Anzahl derſelben deſto größer, je ſtärker die Saiten geſpannt ſind. Bey gleicher Länge und gleicher Dicke derſelben verhalte ſich die Schwingungen wie die Quadratwurzeln der Spannung oder der Gewichte, welche dieſe Spannung bewirken. So macht eine Saite, welche von einem viermal oder neunmal größern Gewicht geſpannt wird, als eine andere gleich lange und gleich dicke Saite, zwey oder drey Schwingungen mehr.

Wenn Saiten von gleichen Längen gleich ſtark geſpannt ſind, ſo verhalten ſich die Schwingungszahlen oder Tonhöhen wie die Quadratwurzeln ihrer Gewichte. Z. B. Eine Saite von einem Fuß Länge, welche eine Drachme wiegt, muß 4 Drachmen Gewicht beſitzen, wenn ſie um eine Octave höher tönen ſoll.

Die Schwingungszahlen oder Tonhöhen gleich dicker und gleich ſtark geſpannter Saiten verhalten ſich verkehrt wie ihre Längen. Wenn z. B. eine zwey Fuß lange Saite einen um eine Octave höhern Ton angeben ſoll, ſo muß ſie nur einen Fuß Länge beſitzen.

Bey gleicher Länge und gleicher Spannung endlich verhalten ſich die Schwingungszahlen oder Tonhöhen verkehrt wie die Quadrate ihrer Dicke, (ſollte vielmehr heißen, umgekehrt wie die Dicken).

Nach Merſenne hängt die Stärke des Schalles überhaupt von der Geſchwindigkeit der Schwingun-

gungen ab, ſo daß ſie doppelt ſo groß iſt, wenn die Geſchwindigkeit der Schwingungen doppelt ſo groß iſt; oder die Stärke des Schalles iſt im Verhältniſſe mit der Geſchwindigkeit der Schwingungen. — Allein die Erfahrung hat in der Folge gelehrt, daß die Geſchwindigkeit der Schwingungen allein nicht hinreichend iſt, ſondern daß es auch hiebey vorzüglich noch auf die Menge der ſchwingenden Theile ankommt. —

Eine Saite, welche in einer Sekunde 50 Schwingungen vollendet, ſteht mit einer Orgelpfeiſe von 8 Fuß im Einklange.

Uebrigens werden die Schwingungsbogen einer Saite immer kleiner und kleiner. Merſenne fand, daß dieſe Abnahme von der erſten Schwingung bis zur zweyten $\frac{1}{20}$ beträgt, d. h. wenn die Saite ſich vom Ruhepunkte beym erſtenmale um 20 Theile entfernt, ſo entfernt ſie ſich, wenn ſie von der andern Seite wieder zurückkommt, nur um 19 Theile.

Beträgt dieſe Entfernung eine Linie, ſo ſteht eine 3 Fuß lange Saite mit einer Orgelpfeiſe von 2 Fuß im Einklange. Ihre Schwingungen dauern 12 Sekunden, und ihre Anzahl iſt in jeder Sekunde 200, mithin die Anzahl der ſämtlichen Schwingungen 2400.

Die Verſuche mit Saiten von verſchiedenen Metallen, welche eine wie die andere einen halben Fuß lang, ein Sechſtel einer Linie dick, und durch ein Gewicht von 3 Pfund geſpannt waren, gaben ihm in Rückſicht der Anzahl der Schwingungen folgende Reſultate:

Eine Saite von Gold — $100\frac{1}{2}$ Schwingungen
— — — Silber — $76\frac{1}{2}$ — —
— — — Kupfer — $69\frac{1}{2}$ — —
— — — Meſſing — 69 — —
— — — Eiſen — 66 — —

Dieſe Zahlen beziehen ſich auf ein 4 Fuß $2\frac{1}{4}$ Zoll langes und in 120 Theile getheiltes Monochord. Der Ton der goldenen Saite z. B. kam mit dem Tone des Monochords überein, wenn die Länge des leztern $100\frac{1}{2}$ Theile ausmachte.

Auch fand er die Stärke der Saiten von verſchiedenen Materien, die insgeſammt $\frac{1}{6}$ Linie dick waren, vermittelſt der zu ihrer Zerreiſſung erforderlichen Gewichte auf folgende Art:

Darmſaite zerriß durch — —	7	Pfund
Saite von Gold oder Silber —	23	—
— — Eiſen — — —	19	—
— — Stahl — — —	$18\frac{1}{2}$	—

Ueberdem bemerkte er, daß eine mit einem Bogen geſtrichene Saite einen andern Ton von ſich gab, als wenn ſie zerriſſen wurde.

Ferner entdeckte er noch, daß ein klingender Körper außer dem Grundtone noch zwey andere Töne darüber von ſich gab. Der eine iſt die Duodecime major, und der andere die Decimeſeptime major des Grundtons.

Auf die Schwingungen der Saiten oder der muſikaliſchen Inſtrumente gründet nun Merſenne die Harmonie. Dieſe Schwingungen werden nämlich mit der Bewegung der Luft zum Gehörorgane fortgepflanzt, und erregen in uns Empfindungen der Conſonanzen und Diſſonanzen, deren geſchickte Verbindung unter einander die Muſiklehre ausmacht, und hieher nicht weiter gehört.

Man hat von jeher behauptet, daß die Luft zur Fortpflanzung des Schalles als weſentlich vorausgeſezt

ſetzt werde. Dagegen behauptete aber Otto von Guericke r), daß die Luft eigentlich den Schall nicht fortführe. Denn der Schall, Klang, Ton, als bloße Eigenſchaften, durchdringe alle Körper, ſelbſt diejenigen, welche von der Luft nicht durchdrungen würden. Es lehre die Erfahrung, daß der Schall u. ſ. f. bey ruhiger Luft deutlicher und beſtimmter gehört werde, als wenn ſie bewegt ſey; wenn alſo der Schall durch Hülfe der Luft fortgeführt würde, ſo ſey es nicht zu begreifen, wie bey völlig ruhiger Luft derſelbe zu unſer Ohr kommen könne. — Man ſieht aber wohl, daß ſich Otto von Guericke eine ganz unrichtige Vorſtellung von der Fortpflanzung des Schalles gemacht hat. Seine Meynung war nämlich dieſe, daß man glaube, die Luft um den ſchallenden Körper nehme den Schall auf, und trage ihn gleichſam bis zu unſer Ohr. Guericke, welcher die Elaſticität der Luft kannte und ſo ſchön bewieß, hätte ſehr leicht darauf fallen können, daß die Luft zur Fortpflanzung des Schalles bloß als ein elaſtiſches, den Schall fortpflanzendes Mittel, ſo wie alle übrige Körper durch welche der Schall gehört wird, zu betrachten ſey. —

Ueber die Geſchwindigkeit der Fortpflanzung des Schalles in der Luft hat Gaſſendi s) zuerſt Verſuche angeſtellt. Dieſer hatte nämlich mit Verwunderung bemerkt, daß der Schall, er ſey ſtark oder ſchwach, beſtändig mit gleichförmiger Geſchwindigkeit in der Luft fortgehe. Um nun zu erfahren, mit welcher Geſchwindigkeit der Schall in der Luft fortgeführt werde, ließ er,

r) Experimenta noua de vacuo ſpatio. p. 138.

s) phyſica. ſect. I. lib. VI. cap. X. de ſono.

er, wie ſchon Bacon von Verulamio angegeben hatte, in einer gewiſſen Entfernung ein Geſchütz abfeuern; aus der Zwiſchenzeit zwiſchen dem Blitz und dem Knall folgerte er die Geſchwindigkeit der Fortpflanzung des Schalles in einer Sekunde 1473 Pariſer Fuß. Auf eine ähnliche Art fand der P. Merſenne [t]) die Geſchwindigkeit des Schalles in einer Sekunde 1380 Pariſ. Fuß. Auch die Florentiner Akademiſten [u]) ſtellten hierüber auf gleiche Art Verſuche an, und fanden die Geſchwindigkeit des Schalles in einer Sekunde 1185 Pariſ. Fuß. Ferner machten in Frankreich Dominicus Caſſini, Huygens, Picard und Römer [x]) gemeinſchaftliche Verſuche darüber, und fanden die Geſchwindigkeit auf 1172 Pariſ. Fuß. — Dieſe Verſchiedenheit der Reſultate rührt ohne Zweifel, wie man auch nachher durch mehrere Erfahrungen gefunden hat, von der veränderlichen Beſchaffenheit der Luft her. —

So allgemein auch die Meynung war, daß die Luft zur Fortpflanzung des Schalles erforderlich ſey, ſo glaubten doch einige wegen des von Caſpar Bertus in Rom (S. 408.) angeſtellten Verſuches mit dem Waſſerbarometer, in welchem das Glöckchen im vermeinten leeren Raume einen hörbaren Klang von ſich gab, daß auch der Schall im luftleeren Raume ſtatt finden könne. Um nun hier mit Gewißheit zu entſchei-

t) Harmonicorum lib. XII. Paris. 1635. fol.

u) Tentamina experim. captorum in Acad. del Cimento. edit. *Muſſchenbroekii.* Lugd. Batav. 1731. 4. pars altera p. 113.

x) *du Hamel* hiſtor. Acad. reg. ſcient. Lib. II. ſect. 3. cap. 2.

entſcheiden, ſtellten Otto von Guericke [y]) und Boyle [z]) mit klingenden Körpern im luftleeren Raume Verſuche an. Unter andern nahm Otto von Guericke ein kleines Uhrwerk mit einem hellklingenden Glöckchen, hieng dies an einem zarten Faden in einem gläſernen Recipienten auf; nachdem er nun die Luft aus dieſem mittelſt ſeiner Maſchine ausziehen ließ, ſo nahm auch der Klang immer mehr und mehr ab, je mehr die Luft im Recipienten verdünnt wurde, bis er endlich bey hinreichender Verdünnung nicht weiter gehört wurde. Näherte nun Guericke ſein Ohr dem gläſernen Recipienten, ſo hörte er ein dumpfes Geräuſch, das von dem Anſchlagen des Hammers an das Glöckchen herrührte, keinesweges aber einen Klang. Kaum hatte er wieder in den Recipienten Luft hineingelaſſen, ſo fieng auch das Glöckchen wieder zu tönen an. Hieraus ſchloß nun Guericke ganz richtig, daß im luftleeren Raume kein Schall Statt finde. Auch Boyle ſtellte dieſen nämlichen Verſuch an, und fand daſſelbe Reſultat, was Guericke gefunden hatte.

Daß ſich der Schall auch in andern Körpern außer der Luft fortpflanze, war längſt ſchon bekannt. So hatte man gefunden, daß Taucher tief unterm Waſſer ſtark geſprochene Worte hörten, und Guericke führt noch an, daß man die Fiſche unterm Waſſer mittelſt das Schellen einer Klingel ſo gewöhnen könne, daß ſie ſich verſammleten. Uebrigens war man ganz all=

y) Experim. nova de vacuo ſpatio. lib. III. cap. XV. p. 91.

z) Nova experimenta phyſico-mechanica de vi aeris elaſtica. exper. XXVII.

allgemein der Meynung, daß die Fortpflanzung des Schalles durch feſte Körper im Augenblicke erfolge. So höre man an dem einen Ende eines noch ſo großen Balkens in demſelben Momente den Schall, in welchem am andern Ende mittelſt eines Hammers ein ganz gelinder Schlag gethan werde. — Man darf ſich nicht wundern, daß man von der Geſchwindigkeit der Fortpflanzung des Schalles in feſten Körpern ſo dachte, da ſelbſt noch jetzt die meiſten ſo denken.

Echo.

Bacon von Verulamio hatte vermuthet (S. 99.), daß die Zurückwerfung des Schalles nach eben den Geſetzen erfolge, als die des Lichtes. Dieſe Vermuthung ward aber bald zur Gewißheit gebracht, und ſchon der P. Merſenne und Gaſſendi reden von der Zurückwerfung des Schalles eben ſo wie von der Reflexion des Lichtes. Sehr umſtändlich von der Zurückwerfung des Schalles hat Athanaſius Kircher [a]) gehandelt.

Durch die Zurückwerfung des Schalles wird beſonders das ſo genannte Echo bewirkt. Hiebey kömmt es aber, wie man ſehr leicht einſieht, auf eine gehörige Entfernung des ſchallenden Körpers von demjenigen Körper, von dem der Schall reflektirt wird, an. Der P. Merſenne [b]) erfordert wenigſtens eine Entfernung von 12 Pariſ. Toiſen oder 72 Pariſ. Fuß, um eine einzige Sylbe wiederhallend zu hören; ſo vielmal alſo die reflektirende Fläche von dem Urſchalle entfernt

a) Muſargia univerſalis ſ. ars magna conſoni et diſſoni. Romae 1650. fol. To. II. p. 247. ſqq.

b) Novae reflexiones phyſico - mathematicae. cap. XX. p. 162.

fernt wäre, als die Diſtanz von 12 Toiſen beträgt, ſo viele Sylben würde man auch wiederhallen hören, z. B. drey Sylben, wenn die reflektirende Fläche um 3. 12 = 36 Toiſen oder 216 Pariſ. Fuß vom Urſchalle entfernt wäre. Nach des P. Merſenne Verſuchen iſt nun die Geſchwindigkeit des Schalles in einer Sekunde 1380 Pariſ. Fuß oder 230 Toiſen; wäre alſo der Urſchall der reflektirenden Fläche gerade um 230 Toiſen entfernt, ſo würde der Wiederhall erſt nach 2 Sekunden beym Urſchall wieder zurückkommen; mithin würde hiernach ein einſylbiges Echo eine Zeit von $6\frac{1}{4}$ Tertien, ein zweyſylbiges eine von $12\frac{1}{2}$ Tertien, ein dreyſylbiges eine von $18\frac{3}{4}$ Tertien erfordern u. ſ. w. In ſeiner Harmonie verlahgt er zu einem einſylbigen Echo eine Entfernung von 96 Pariſ. Fuß. Uebrigens läßt ſich ſehr leicht begreifen, daß etwas andere Beſtimmungen ſtatt finden, wenn man hiebey die Geſchwindigkeit des Schalles in einer Sekunde nach andern Verſuchen annimmt.

Athanaſius Kircher c) behauptet dagegen, daß die durchlaufenen Räume eines vielſylbigen Echo in gleichen Zeiten nicht gleich groß wären. Denn jeder Schall werde bey ſeinem Fortgange in der Luft immer ſchwächer und ſchwächer, und lege daher in den folgenden Zeittheilen beſtändig kleinere Räume zurück. So erfordert er eine Entfernung des Urſchalls von der reflektirenden Fläche

für ein einſylbiges Echo	—	100 Fuß.
— — zweyſylbiges	— —	190 —
— — dreyſylbiges	— —	272 —
— — vierſylbiges	— —	350 —

für

c) Muſargia univerſalis. To. II. p. 264.

für ein fünfſylbiges — — 430 —
— — ſechsſylbiges — — 515 —
— — ſiebenſylbiges — — 600 —

Allein alle Erfahrungen haben bewieſen, daß der Schall, er ſey ſtark oder ſchwach, mit gleichförmiger Geſchwindigkeit fortgepflanzt werde, und in der That nahm Kircher die Entfernung für ein einſylbiges Echo zu groß an. Ueberhaupt aber läßt ſich wol ſchwerlich wegen verſchiedener Umſtände, die noch beym Wiederhall in Betrachtung gezogen werden müßten, die Entfernung des Urſchalles von der reflektirenden Fläche genau beſtimmen.

Sonſt verſteht man auch unter dem Worte Echo den Ort ſelbſt, wo ein Schall wiederhallt. Dergleichen Oerter giebt es allenthalben. Ein merkwürdiges Echo dieſer Art erwähnt Kircher d) in dem Schloße Simonetta bey Mailand. Dieſes ſoll nämlich mit parallelen hohen Mauern umgeben ſeyn, welche ein vielfaches Echo veranlaſſen, daß ein einſylbiges Wort aus einem gewiſſen Fenſter gerufen auf vierzigmal wiederhalle. Noch ein anderes eben ſo merkwürdiges Echo auf einem Hofe im Umfange des herzoglichen Pallaſtes zu Pavia führt ebenfalls Kircher an. Es iſt dies ein Parallelogramm mit zwey Pforten, wovon die eine nach Norden, die andere nach Süden zugeht. Dieſe Pforten ſtehen von einander 24 römiſche Braccie ab, welches zugleich die Breite des Hofes iſt; die Länge deſſelben beträgt 124 und die Höhe 35 Braccie. Eine in dieſem Hofe befindliche Perſon hört den Schall ihrer Stimme eilfmal wiederhallen, wenn

d) Ibid. p. 289.

wenn die zwey Pforten geöfnet, ſechszehnmal, wenn ſie geſchloſſen ſind, und achtzehnmal, wenn nur die ſüdliche zugemacht iſt. Noch mehrere ſolcher Oerter führt ebenfalls Kircher und aus dieſem Caspar Schott [e]) an.

Sprachrohr, Sprachgewölbe oder Sprachſäle.

Ueber die Erfindung des Sprachrohrs hat man geſtritten. Einige glaubten, es ſey ſchon den Alten bekannt geweſen, andere ſchreiben dieſe Erfindung dem Porta zu (m. ſ. S. 99.), und Kircher behauptete, ſchon dergleichen Röhre verfertigt zu haben, ehe noch der Ritter Samuel Morland, als welchen man für den eigentlichen Erfinder des Sprachrohrs hält, ſein Sprachrohr bekannt gemacht hatte. Allein ſeine ältern Schriften enthalten bloß Röhren, welche an den Mund des Redenden und an das Ohr des Zuhörers zugleich angehalten werden; ſie ſind alſo nur Hörröhre, keine Sprachröhre, und ſeine Phanurgie, in welcher er meldet, daß ſich ſein Hörrohr auch als Sprachrohr gebrauchen laſſe, iſt erſt 1673 herausgekommen, da ſchon Morland's Sprachrohr einige Jahre bekannt war. Es iſt daher wol keinem Zweifel unterworfen, daß der Ritter Morland der eigentliche Erfinder des Sprachrohrs ſey. Er machte es im Jahre 1670 in Geſtalt einer weiten Trompete bekannt, und hatte es anfänglich aus Glas, nachher aber aus Kupfer verfertigt. Mit dieſem Sprachrohre hat er in Gegenwart des Königs Carls II. und des Prinzen Robert viele Verſuche angeſtellt [f]). —

Im

e) Magia univerſalis naturae et artis. Herbip. 1657. 4. Par. II. li. I. et II.

f) An account of a ſpeaking trumpet, as it hath been con-

Im Grunde war um dieſe Zeit die Erfindung des Sprachrohrs ſehr leicht zu machen, da man ſchon längſt wuſte, daß der Schall in trichterförmigen Röhren ungemein verſtärkt werde, und die Zurückwerfung des Schalles an den innern Wänden derſelben damaliger Zeit hinreichend auseinander geſetzt war.

Was endlich die Sprachgewölbe oder Sprachſäle betrift, welche ſo gebauet werden müſſen, daß man das, was an dem einen Ende leiſe geſprochen wird, am andern entfernten Ende hört, ob es gleich nicht in den mittleren Stellen gehört wird; ſo hat ſchon Merſenne aus der Eigenſchaft der Ellipſe ganz richtig angeführt, daß ſolche Säle elliptiſch gewölbt ſeyn müſſen. Denn in dieſem Falle wird der aus dem einen Brennpunkte herkommende Schall durch das Geſetz der Reflexion im andern Brennpunkte vereinigt. Eine Sammlung von vielen hieher gehörigen alten und neuern Merkwürdigkeiten findet man beym Kircher [s]). Unter andern iſt beſonders merkwürdig das ſo genannte Ohr des Dionyſius zu Syrakus (orecchio di Dioniſio, grotta della favella), welches eine in einem Fels gehauene Grotte iſt, worinn der Tyrann Dionyſius die leiſeſten Reden, die darinn geführt wurden, gehört haben ſoll. Kircher hatte ſie im Jahre 1639 genau unterſucht, und gefunden, daß ſie paraboliſch ausgehauen war, weil die Parabel alle mit ihrer Axe parallele Strahlen in den Brennpunkt reflektirt. Sie verſtärkt den Schall auſſerordentlich, ob es gleich wol eine Fabel ſeyn mag, daß dieſe Grotte vom Dionyſius herrühre.

Drit-

contrived by *Sam. Morland*. Lond. 1671. und auszugsweiſe in Philoſ. Tranſact. nu. 79. p. 3056.

s) Muſargia univerſalis. To. II. p. 291. ſqq.

Drittes Kapitel.

Von den Meynungen und Entdeckungen, welche das Weltgebäude überhaupt betreffen.

Der berühmte Tycho de Brahe hatte durch ſein bekannt gemachtes Weltſyſtem bereits ſchon ſo viel bewirkt, daß das alte Ptolemäiſche Syſtem gänzlich verdrängt wurde, und von dieſer Zeit an theilten ſich die Aſtronomen in Tychoniker und Copernikaner, welche oft mit Heftigkeit gegen einander ſtritten. Zu den Tychonikern gehören vorzüglich Chriſt. Sever. Longomontan, Joh. Bapt. Riccioli, Ant. Mar. de Rheita, Joh. Bapt. Morin, Franc. Mill. Dechales u. andere mehr. Indeſſen ging doch Longomontan, ein berühmter Schüler des Tycho, von ſeinem Lehrer darinn ab [h]), daß er die tägliche Bewegung der Sterne für ſcheinbar hielt, und ſie vielmehr von der täglichen Umdrehung der Erde um ihre Axe ableitete; denn es war ihm unbegreiflich zu gedenken, daß der ganze Weltbau eine ſo ſchnelle Rotation beſitzen könne, deren Umſchwung Sterne und Planeten zerſtreuen müſſe, wofern man nicht feſte Sphären annehmen, oder den Sternen mit den Alten geiſtige Weſen zuordnen wolle. Morin, Prof. der Mathematik zu Paris, ſchrieb ſehr heftig ge-

h) Aſtronomia Danica. Amſt. 1622. 4.

gegen den Copernicus [i]), welchen aber Gaſſendi in einer Schrift von der mitgetheilten Bewegung [k]) vortreflich vertheidigte. Morin ſchrieb zwar wider dieſe Schrift einen kleinen Traktat unter dem Titel: alae telluris fractae, allein Dechales zeigte, daß er ſich darin ſehr geirrt, und die wahre Beſchaffenheit der Bewegung nicht richtig gefaßt habe. Auch die Sorbonne wollte das copernicaniſche Syſtem in Inquiſition bringen, ein einſichtsvolles Mitglied derſelben aber verhinderte dies. Ferner trat der Niederländer Libert. Fromond [l]) zu Löwen als Gegner des copernicaniſchen Syſtems auf; allein Philipp Lansberg [m]) widerlegte Fromond, dagegen dieſer ſich wiederum zu vertheidigen ſuchte [n]). Unter allen Gegnern des copernicaniſchen Syſtems aber, welche ſich noch in dieſem Zeitraume fanden, verdient Joh. Bapt. Riccioli die meiſte Achtung. Er bringt 77 Gründe gegen das copernicaniſche Syſtem vor [o]), unter welchen ein großer Theil auf dieſen einzigen ſchon längſt gemachten Einwurf zurückgebracht werden kann, daß

i) Famoſi et antiqui problematis de telluris motu vel quiete hactenus optata ſolutio. Pariſ. 1631. 4.

k) De motu impreſſo a motore translato. Lugd. Batav. 1649. 4. und in opp. To. III. p. 478. ſqq.

l) Antariſtarchus ſ. liber de orbe terrae immobili, quo decretum a congregatione Cardinalium an. 1616. adverſus Copernicanos publicatum defendit. Antverp. 1631. 4.

m) Commentationes in motum terrae diurnum et annum et in verum mundi aſpectabilis typum. Middelb. 1632. 4.

n) Antariſtarchi vindex. Antverp. 1634. 4.

o) Almageſtum novum. T. II. cap. XXXIV. p. 472. ſqq.

daß man unter frey ſchwebenden, fallenden oder geworfenen Körpern kein Fortrücken des Fußbodens von Abend gegen Morgen bemerke. Dieſer Einwurf, den man für ſo erheblich fand, iſt aber bereits von Galilei hinreichend widerlegt worden. Gleichwol hatten noch einige behauptet, daß ſich die Körper auf ſchnell ſegelnden Schiffen ganz anders, als ſonſt, bewegten. Dadurch ward Gaſſendi veranlaßt, Verſuche darüber im Hafen von Marſeille anzuſtellen, welche aber ganz für die Meynung des Copernicus ausfielen, und in der Schrift de motu impreſſo a motore translato beſchrieben ſind. Unter allen von Riccioli angeführten Gründen gegen das copernicaniſche Syſtem hält er folgenden für den wichtigſten, und glaubte ſogar, daſſelbe dadurch mit mathematiſcher Evidenz zu widerlegen; bey ruhender Erde nämlich würden ſich die Räume fallender Körper von jeder Sekunde zur andern wie 1, 3, 5, 7, 9 u. ſ. verhalten; wenn ſich aber die Erde in jeder Sekunde gleich weit drehete, ſo würden dieſe Räume ſich in Diagonalen von Parallelogrammen verwandeln, wovon die horizontalen Seitenlinien einander gleich, die vertikalen aber im Verhältniſſe der Zahlen 1, 3, 5, 7 u. ſ. wären. Nun läßt ſich darthun, daß dieſe Diagonalen ſich ganz anders gegen einander verhalten, und, wenn die Umdrehung ſchnell erfolge, beynahe ſich gleich ſeyn müßten. Mithin müßte die abſolute Bewegung des fallenden Körpers faſt gleichförmig ſeyn, und er müßte eine horizontale Fläche mit gleicher Kraft ſtoßen, ohne Unterſchied, ob er von einer großen oder geringern Höhe herabgefallen wäre. Allein Riccioli hat nicht daran gedacht, daß die Kraft des Stoßes zugleich vom Winkel abhängt, und daher die Diagonalen wieder in die beyden Seiten zerlegt werden müſſen,

wovon nur die vertikalen allein die Wirkung des Stoßes ausdrücken. Dieſe vertikalen Seitenlinien ſind aber die Fallräume, welche ſich wie die Zahlen 1, 3, 5, 7, 9 u. ſ. verhalten. Die horizontalen Seitenlinien fallen gänzlich hinweg, weil der fallende Körper mit der Bewegung der Erde gleichförmig fortgeht. Es fällt daher auch dieſer Grund gegen das copernicaniſche Syſtem gänzlich hinweg. Was endlich noch die Einwürfe des Riccioli betrift, die er, wie Tycho de Brahe, aus der heiligen Schrift dem copernicaniſchen Syſteme entgegenſtellte, ſo waren ſchon dieſe befriedigend genug widerlegt.

Dagegen wurde das copernicaniſche Syſtem vertheidigt von Jsmael Bullialdus [p]), Daniel Lipſtorp [q]) und Johann Wilkins [r]).

Mehr hievon muß die Geſchichte der Aſtronomie lehren.

Sonne.

Daß die Sonne ein wirkliches Feuer ſey, wie ſchon die Alten vermuthet hatten, ſchien ſich noch mehr dadurch zu beſtätigen, da man durch Gläſer entdeckte, daß ihre Strahlen in einen engen Raum zuſammengebracht entzündliche Körper anzündeten. So ſtellte ſich Kircher [s]) die Sonne als ein Meer von wallendem Feuer vor, wie flieſſendes und wallendes Kupfer im Schmelzofen. Seine Abbildung davon, wie er und

p) Philolaus. libri IV. Amſtelod. 1634. 4.

q) Copernicus redivivus ſ. de vero mundi ſyſtemate liber unus. Lugd. Batav. 1653. 4.

r) Copernic. defend'd. Lond. 1660. 4. Vertheidigter Copernicus durch Doppelmayr. Leipz. 1713. 4.

s) Mundus ſubterraneus. Amſtel. 1678. fol. p. 64.

und P. Scheiner ſie zu Rom 1635 beobachtet haben, iſt nach der Zeit von vielen andern copirt worden.

Was die Entfernung der Sonne von der Erde betrift, ſo bemüheten ſich verſchiedene Aſtronomen dieſes Zeitraums, ſie näher zu beſtimmen, als vormals; allein ſie waren ebenfalls hiermit noch nicht ſehr glücklich. Denn obgleich ihre aſtronomiſchen Inſtrumente einen weit größern Grad der Vollkommenheit erlangt hatten, um die zur Auffindung der Sonnenparallaxe nöthigen Beobachtungen anzuſtellen, ſo waren ſie doch noch nicht genau genug, um dieſe Parallaxe mit der größten Genauigkeit zu beſtimmen, ohne welche die wirkliche Entfernung der Sonne gar nicht richtig gefunden werden kann. Indeſſen fanden ſie die Sonnenparallaxe doch viel kleiner, als die vorigen Aſtronomen; ſo fand ſie Hevel 40″, Riccioli 18″ und Vendelin 14″. Es verlohnte ſich aber gewiß der Mühe, auf die genaueſte Beſtimmung der Sonnenparallaxe allen nur möglichen Fleiß zu verwenden; denn wenn man aus einer richtigen Sonnenparallaxe die Entfernung der Sonne von der Erde kennt, ſo läßt ſich erſt hiernach die Entfernung aller übrigen Himmelskörper von der Sonne, und hiermit zugleich die Größen im Sonnenſyſteme finden. Es iſt nämlich die Entfernung der Sonne von der Erde gleichſam der allgemeine Maasſtab, wovon die Beſtimmungen aller übrigen Größen im Sonnenſyſteme abhangen. Durch die bekannten Kepleriſchen Regeln waren bloß Verhältniſſe der Abſtände im Sonnenſyſteme bekannt, und es fehlte daher die richtige Größe der Entfernung der Sonne von der Erde, um jene dadurch ebenfalls zu beſtimmen. Allein man iſt erſt in den neuern Zeiten im Stande geweſen, die Sonnenparallaxe mit ziemlicher Genauigkeit zu finden.

Beobachtungen über die Sonnenflecken hat in dieſem Zeitraume beſonders Hevel in Danzig in großer Anzahl gemacht, und abgebildet [t]); das Sonnenbild ließ er, wie Scheiner, in einem dunkeln Zimmer auf die Ebene hinter einem Fernrohre fallen. Die Erſcheinungen, welche Hevel an den Sonnenflecken wahrnahm, ſind dieſe: einige erſcheinen ſehr dicht, gemeiniglich in der Mitte mit einem ſchwarzen Kern, und am Rande mit weißgrauem Nebel umgeben, andre aber ſind dünn, ſehen wie Nebel aus, und beſitzen keinen ſchwarzen Kern. Beyde Arten von Sonnenflecken ſind oft mit Sonnenfackeln untermiſcht, oft aber auch nicht. Die Nebel- oder Schattenflecken (umbrae) vergleicht Hevel mit den Flecken, welche der Hauch aus dem Munde auf einem Spiegelglaſe macht. Solche Schattenflecken wären zwar nicht von ſo langer Dauer, wie die dichtern Sonnenflecken, ſie erſchienen aber oft plötzlich, entweder mit Sonnenfackeln zugleich, oder auch ganz allein. Oft breiteten ſich die Schattenflecken in ſehr großen Flächen aus, und Hevel ſahe einen ſolchen im Julius 1643, welcher beynahe den dritten Theil des Sonnendurchmeſſers einnahm. Zuweilen ſahe er einen ſolchen kleinen Schattenflecken größer und dichter werden, ſo daß er in der Mitte einen dunkeln Fleck erhielt, zuweilen aber entſtanden aus ſolchen Schattenflecken nach und nach einzelne dunkele Flecken. Einige Sonnenflecken, beſonders die größern, beobachtete er von einer gelbgrauen Farbe (inſtar halonis). Auſſerdem kamen auch viele bald gegen Oſten, bald gegen Weſten, bald in der Mitte der Sonnenſcheibe zum Vorſchein. Ue-

ber-

t) Selenographia. Gedani 1647. fol. p. 83. ſqq. appendix. p. 500 ſqq.

berhaupt waren einige Flecken ſo unbeſtändig, daß ſie an dem einen Tage in einer gewiſſen Stelle erſchienen, an dem andern Tage aber daſelbſt verſchwanden. Indeſſen ſchienen ſie doch alle, wie auch gleich anfänglich beobachtet ward, ziemlich unter einander parallel von Oſten nach Weſten durch die Sonnenſcheibe zu gehen, und diejenigen, welche von hinlänglicher Dauer waren, höchſtens 14 Tage ſichtbar zu ſeyn. Uebrigens bemerkt Hevel, daß die Sonnenflecken keine beſondere um die Sonne laufende Planeten, wie ſelbſt Otto von Guericke[u]) ſolches noch behauptete, ſeyn könnten; denn 1. erſchienen die Flecken niemals rund, wie doch alle Planeten, 2. wenn ſie wirkliche Sterne wären, ſo könnten ſie keiner ſo großen Veränderlichkeit unterworfen ſeyn, ſondern ſie müßten beſtändig einerley Form behalten, und endlich 3. müßten ſie alle Tage und zu jeder Zeit ſichtbar ſeyn, und nie verſchwinden. Auch führt er noch an, daß man an ihnen keine Parallaxe gegen die Sonne habe wahrnehmen können. Hieraus ſchließt er nun, daß ſie wirkliche Körper wären, die zur Sonne gehörten; er hält ſie für eine dunkele zuſammengehäufte Materie, welche mit den Wolken unſerer Erdatmosphäre Aehnlichkeit beſitze, und mit der Sonne zugleich beweglich ſey.

Der erſte, welcher die Erſcheinungen der Sonnenflecken auf eine mechaniſche Art zu erklären ſuchte, war Carteſius[x]). Die Sonne, glaubte er, beſtehe aus einer ſehr feinen flüſſigen und beweglichen Materie (ſeinem erſten Elemente), welche viele Aehnlichkeit mit der Feuerflamme habe, aber unzerſtörbar ſey, und

u) Experim. nova de vacuo ſpatio. lib. I. cap. XIII. p. 21.

x) Princip. philoſophiae. Pars. III.

und alle um ihr befindliche Körper mit ſich fortreiſſe; die Sonnenflecken hingegen wären undurchſichtige und mit der Oberfläche der Sonne verbundene Körper. Die feine Materie, woraus die Sonne beſtehe, beſitze aber verſchiedene Grade der Geſchwindigkeit; daher gebe es einige, welche geringer bewegt ſey, und welche nicht, wie die übrige Materie, eine runde, ſondern vielmehr eine winklichte Geſtalt beſitze; mithin adhärirten ihre Theile ſehr leicht unter ſich. Kämen nun ſolche Theile, die ſich beſonders an den Polen der Sonne anhäuften, gegen die Ecliptik hin, wo ſich die feinſte mithin die am ſtärkſten bewegte Materie aufhielt, ſo ſuchte dieſe jenen eine gleichmäßige Bewegung mitzutheilen; allein dieſe Theile, ſo wie auch noch feinere, wären wegen ihrer winklichten Geſtalt gar nicht fähig, eine ſolche ſchnelle Bewegung anzunehmen, verbänden ſich daher mit einander zu einer großen undurchſichtigen Maſſe (Sonnenflecken), und würden folglich von der feinſten Materie gleichſam wie Schaum abgeſondert. Hieraus lieſſe es ſich nun leicht begreifen, warum keine Sonnenflecken gegen die Pole der Sonne, ſondern nur in der Nachbarſchaft der Ecliptik wahrgenommen würden, und warum ſie keine beſtimmte Figur beſäßen. Ueberdem könnten auch die Sonnenflecken mit eben der Leichtigkeit, wie ſie entſtünden, wieder vermindert, und zum Theil zur Sonnenmaſſe zurückgetrieben, zum Theil aber auch in den Himmelsraum zerſtreut werden; denn die feinſte Sonnenmaterie werde mit der größten Vehemenz herumgetrieben, zerſtreue daher die Theile der Sonnenflecken, da indeſſen auf einer andern Seite wieder neue Flecken zum Vorſchein kämen; daher komme es, daß nicht alle Flecken an ein und derſelben Stelle wahrgenommen würden.

Oft

Oft geſchehe es aber auch, daß die feine Sonnenmaterie über manche Stellen der Sonnenflecken ſich ergieſſe und über die äuſſerſte Grenze derſelben erhebe; daher die Sonnenfackeln.

Da alſo das Entſtehen und das Verſchwinden der Sonnenflecken von ſo ungewiſſen Urſachen abhange, ſo ſey es gar nicht zu verwundern, wenn bisweilen gar keine Sonnenflecken wahrzunehmen wären, da hingegen zu einer andern Zeit ſo viele zum Vorſchein kämen, daß ſie das Sonnenlicht gleichſam verdunkelten.

Dieſe Erklärung, welche damaliger Zeit mit allgemeinem Beyfall aufgenommen wurde, wird jetzt freylich noch wenige Liebhaber finden; indeſſen mußte ſie doch kürzlich in der Geſchichte der Phyſik berührt werden, beſonders da man ſelbſt in den neueſten Zeiten eine mechaniſche Erklärung über die wichtigſten Erſcheinungen der Natur verſucht hat, welche nicht viel beſſer iſt, als die des Carteſius.

Mond.

Der Mond, als das nächſte Geſtirn unſerer Erde, ward nach den Zeiten des Galilei von den Aſtronomen in allen ſeinen merkwürdigen Veränderungen mit unbeſchreiblicher Mühe verfolgt. Beſonders zeichnete ſich in dieſer Rückſicht der berühmte Hevel zu Danzig aus. Dieſer beſchäftigte ſich 8 ganzer Jahre hinter einander vom Jahre 1639 an bis 1647 mit dem Monde, und brachte dadurch ſein vortrefliches Werk die Selenographie zu Stande, aus welchem nachher das wichtigſte angeführt werden ſoll.

In Anſehung des Abſtandes des Mondes von der Erde waren die Aſtronomen in dieſem Zeitraume et-

etwas glücklicher, als bey der Sonne, wiewol ſie doch noch nicht die Horizontalparallaxe übereinſtimmend fanden, und folglich die Entfernung immer noch verſchiedentlich angegeben wurde. So fand Bullialdus die Horizontalparallaxe des Mondes in der Conjunktion und Oppoſition mit der Sonne zwiſchen den Grenzen 55′ 56″ und 60′ 52″, Wendelin zwiſchen den von 53′ 46″ und 61′ 18″, Hevel zwiſchen den von 59′ 9″ und 61′ 39″, und Riccioli zwiſchen den von 53′ 45″ und 63′ 55″. Mehr übereinſtimmende Reſultate über die Größe der Horizontalparallaxe des Mondes ſind ebenfalls erſt in den neuern Zeiten durch genauere Beobachtungen gefunden worden.

Schon Galilei ſchloß aus ſeinen Beobachtungen der Mondflecken, daß auf der Oberfläche deſſelben Thäler und Berge ſich befänden. Viel genauer aber beobachtete Hevel y) die Flecken des Mondes in allen ſeinen Veränderungen und brachte dadurch mit unbeſchreiblicher Mühe die erſten genauen Mondkarten zu Stande, welche von 10 Grad zu 10 Grad Elongation gezeichnet ſind, und die er mit den beſondern Nahmen luna prima, adoleſcens, adulta etc. beylegte. Er nahm am Monde folgende Erſcheinungen wahr: die Grenzlinie der Erleuchtung zeigte ſich in dem hellern Theile der Mondſcheibe beſtändig höckerig und auf verſchiedene Art gebogen, ſo wie auch dies ſchon Galilei beobachtet hatte; neben dieſer Grenzlinie bemerkte er häufige helle Punkte, welche eigent-

y) Selenographia ſ. lunae deſcriptio atque accurata tam macularum ejus, quam motuum diverſorum aliarumque omnium viciſſitudinum phaſiumque, teleſcopii ope deprehenſarum, delineatio. Gedani 1647. fol. cap. VI. p. 109. ſqq.

eigentlich noch in dem unerleuchteten Theile des Mondes lagen, und die er für nichts anders als für hohe Spitzen halten konnte, welche die Sonne ſchon erleuchtet, indem die umliegenden tiefern Gegenden noch im Dunkeln ſich befinden. Ueberdem bemerkte er ſehr viele im hellen Theile einzeln zerſtreuete Flecken, welche eine runde oder länglichte Geſtalt hatten; die er für nichts weiter anſehen konnte, als für Vertiefungen, die entweder mit einem Walle oder rund herum mit Bergen umgeben wären. Denn die Wälle oder Berge warfen ihre Schatten bald auf dieſe, bald auf jene Seite, je nachdem die Sonne entweder auf dieſer oder jener Seite ſich befand, und im Vollmonde, wo die Sonne ſenkrecht auf die Mondſcheibe ihre Strahlen wirft, verſchwanden dieſe Schatten gänzlich, und die ſchwarzen Flecken bildeten eine dunkele undeutlich begrenzte Rundung. Dies überzeugte nun Hevel'n völlig von dem Daſeyn der Erhöhungen und Vertiefungen auf der Mondfläche, und gab ihm zugleich zu erkennen, daß die Mondflecken im Vollmonde ganz anders, als in ſeinen Veränderungen, ausſehen. Der Vollmond nämlich zeigte nur die beſtändigen Flecken, da er in den übrigen Mondsgeſtalten auch veränderliche, oder Schatten wahrnahm [z]).

Die Höhen mancher Berge fand Hevel um ein beträchtliches größer, als die höchſten auf unſerer Erdfläche. So beobachtete er, daß die Spitze eines Berges ſchon erleuchtet ward, als ſie im Mondsviertel noch um $\frac{1}{13}$ des Mondshalbmeſſers von der Erleuchtungsgrenze entfernt war. Hieraus berechnete er die Höhe dieſes Berges, und fand ſie $\frac{3}{4}$ einer deutſchen Meile [a]).

Aus allen dieſen angeführten Beobachtungen folgerte nun Hevel, daß der Mond ein unſerer Erde völ-

z) Ibid. p. 256. ſqq. a) Ibid. p. 266. ſqq.

völlig ähnlicher Körper ſey, und daß auf ſelbigem ſo gut, wie auf unſerer Erde, Bewohner wären, die er Seleniten nennt. Die größern dunkeln Flecken, welche, wie ſchon Galilei bemerkt hatte, wenn ſie von der Grenzlinie der Erleuchtung durchſchnitten werden, allezeit glatt und ohne hervorragende Theile geſehen werden, hielt er für wirkliche Meere, die hellen aber für Land. In dieſer Vorausſetzung verfertigte er eine unſern Landkarten ähnliche Abbildung des Mondes, auf welcher er den vornehmſten Flecken Nahmen beylegt, die von den Meeren, Ländern und Bergen der Erde entlehnt ſind [b]). Sonſt redet er aber in der Selenographie von keiner Mondsatmoſphäre. Erſt 20 Jahre darauf behauptete er eine ſolche, wozu ihm beſonders die Erſcheinungen der Cometen veranlaßten; doch ſagt er dabey: in luna manifeſtas atmoſphaerae obſeruationes plane deficere [c]).

Uebrigens entdeckte Hevel noch in der Phaſe, die er phaſis lunae gibberoſae creſcentis nennt, einen Berg im Meere Ero, den er Porphyrites nennt, über der Inſel Cerinna, welcher offenbar bewieß, daß er von ganz anderer Beſchaffenheit, wie die übrigen Mondsberge, ſeyn müſſe. Die röthliche Farbe, die er zeigte, ließ ihn vermuthen, daß er entweder aus einer röthlichen Erde, die an Farbe dem Aegyptiſchen Porphyr gleiche, beſtehe, oder, welches ihm noch wahrſcheinlicher war, daß er ein wirklich feuerſpeyender Berg ſey [d]). — In der Folge erhielt die letzte Vermuthung die größte Wahrſcheinlichkeit, wie am gehörigen Orte kürzlich angeführt werden ſoll. —

Zu

b) ibid. p. 227.

c) Cometographia. l. VII. p. 362.

d) Selenographia. p. 353.

Zu gleicher Zeit mit Hevel beſchäfftigte ſich auch Grimaldi in Rom mit dem Monde. Von dieſem ſagt Riccioli [e]), daß er nicht eher geruhet habe, bis er auch die kleinſten Flecken des Mondes in ſeine Abbildungen gebracht hätte. Aus dieſen hat nun auch Riccioli eine Mondkarte mitgetheilt, auf welcher er die vornehmſten Flecken nicht, wie Hevel, mit den Nahmen der Meere und Berge unſerer Erdkugel, ſondern vielmehr die größern hellern Flecke, die er auch für Meere hielt, mit willkührlichen Nahmen, die Berge aber mit den Nahmen berühmter Aſtronomen und Phyſiker bezeichnete, welche Bezeichnung bey den neuern Aſtronomen allgemein angenommen iſt.

Die Benennungen vom Hevel und Riccioli findet man verglichen beym Roſt [f]) und dem P. Hell [g]).

Auch das Wanken des Mondes wurde etwas genauer unterſucht. Der erſte der ſich nach Galilei damit beſchäfftigte, war Gaſſendi. Unter allen aber iſt dieſe Erſcheinung in dieſem Zeitraume am beſten von Hevel [h]) beobachtet worden. Es beſteht dieſe kleine Bewegung aus einem Schwanken in der Länge, welches den Ort der Flecken nach Oſten und Weſten zu, und einem in der Breite welches ihn nach Süden und Norden zu ändert.

Planeten.

Gleich nach der Entdeckung der Fernröhre wurden ſchon von den erſten Beobachtern des Himmels an den

e) Almageſtum novum. T. I. p. 201.

f) Aſtronomiſches Handb. Nürnb. 1718. 4. III. Th. 12. Cap.

g) Ephemerides Vienn. bey Erklärung der beygefügten Mondkarte.

h) De motu lunae libratorio ad Ricciolum. Gedani 1654. fol.

den beyden Planeten, dem Merkur und der Venus, dieſelben Lichtabwechſelungen, wie beym Monde unſerer Erde, wahrgenommen, woraus ſie ganz richtig ſchloſſen, daß dieſe beyden Himmelskörper für ſich dunkele Körper ſind, welche ihr Licht von der Sonne erhalten. Von den verſchiedenen Lichtphaſen des Merkurs und der Venus hat Hevel [i]) ſehr genaue Abbildungen gegeben.

Ueberdem kündigte Kepler zuerſt im Jahre 1627 nach ſeinen rudolphiniſchen Tafeln, die ſich auf des Tycho Beobachtungen gründeten, einen Durchgang des Merkurs durch die Sonnenſcheibe auf 1631, und zwey Durchgänge der Venus durch die Sonne auf 1631 und 1761 an [k]). Der Durchgang der Venus durch die Sonnenſcheibe auf 1631 traf nicht ein; dagegen ward der Durchgang des Merkurs durch die Sonnenſcheibe vom Gaſſendi [l]) am 7ten Nov. 1631 wirklich beobachtet. Anfänglich hielt ihn Gaſſendi für einen Sonnenflecken, da er ihn aber weiter verfolgte, ſo erkannte er wirklich, daß der Merkur als ein ſchwarzer runder Fleck vor der Sonnenſcheibe vorüber gieng. Einen andern Durchgang des Merkurs hat nachher Hevel im Jahre 1661 am 3ten May beobachtet [m]).

Was aber den Durchgang der Venus durch die Sonnenſcheibe betrifft, ſo ward dieſer zum erſtenmale im Jahre 1639 am 24. Nov. alt. St. vom Jeremias Horrockes in England beobachtet. Nach

den

i) Selenographia. p. 70.

k) Admonitio ad aſtronomos de miris rarisque anni 1631. phaenomenis. Lipſ. 1629. 4.

l) Epiſtola ad Schickardum de Mercurio in ſole viſo et Venere inuiſa. in opp. T. IV. p. 499.

m) Mercurius in ſole viſus Gedani an. 1661. Gedani 1662. fol.

den Kepleriſchen Tafeln hätte ſie an dieſem Tage nur auswärts am Sonnenrande vorbey ſtreichen ſollen. Außer dem Horrockes wurde dieſe Erſcheinung auch von ſeinem Freunde William Crabton, welchen erſterer darauf aufmerkſam gemacht hatte, zu Mancheſter beobachtet. Selbſt Hevel bemerkt, daß er dieſe Begebenheit wahrgenommen, er habe ſie aber nicht für die Venus, ſondern für einen kleinen Sonnenflecken gehalten [n]). Sonſt läßt ſich der Durchgang eines von dieſen beyden Planeten durch die Sonnenſcheibe von einem Sonnenflecken am beſten dadurch unterſcheiden, daß der dunkele Flecken, welcher von dem Planeten herrührt, jederzeit rund erſcheinet, und daß die Bewegung des Planetenflecken weit geſchwinder vor der Sonnenſcheibe vorübergeht, als ein dauerhafter Sonnenfleck.

Die Durchgänge beſonders der Venus durch die Sonnenſcheibe ſind für die Sternkunde äußerſt wichtig, indem ſie die ſicherſten Mittel abgeben, die Sonnenparallaxe zu beſtimmen. Auch iſt wirklich in den neuern Zeiten dieſe Parallaxe durch eine ſolche Himmelsbegebenheit ziemlich übereinſtimmend gefunden worden.

Franz Fontana [o]) führt an, daß er bey der Beobachtung der Venus in ihren Phaſen ein und den andern runden ſchwarzen Fleck bald außerhalb der Erleuchtung, bald innerhalb derſelben wahrgenommen habe. Allein weder Gaſſendi, noch Riccioli und andere haben einen ſolchen ſchwarzen Flecken in der Venus entdecken können. Im Jahre 1666 endlich

n) *Ier. Horoccii* Venus in ſole viſa, in *Hevelii* Mercurio in ſole viſo. p. 111. ſqq.

o) Nouae coeleſtium et terreſtrium rerum obſeruationes, ſpecillis a ſe inuentis et ad ſummam perfectionem perductis. Neap. 1646. 4. tract. 5. cap. 2.

lich war doch Dominicus Caſſini ſo glücklich, Flecken auf der Venus wahrzunehmen, und ſchloß daraus eine Umdrehungsbewegung derſelben um ihre Axe binnen einer Zeit von 24 Stunden.

Auch am Mars wollte Fontana [p]) im Jahre 1636 in der Mitte deſſelben einen ſchwarzen dunkeln Fleck und am Rande deſſelben ein dunklers Licht als gegen die Mitte wahrgenommen haben. Endlich bemerkte im Jahre 1666 ebenfalls Caſſini [q]) am Mars Flecken, und ſchloß aus ihrer Bewegung, daß er ſich in 24 Stunden 40 Minuten um ſeine Axe drehe, und daß dieſe auf der Fläche ſeiner Bahn faſt ſenkrecht ſtehe.

Auf dem Jupiter beobachteten zuerſt der P. Zucchi und Fontana im Jahre 1633 Streifen oder Banden von veränderlicher Geſtalt und Lage. Mehrentheils ſind ſie unter einander und mit dem Aequator ſeiner Umdrehung parallel. Hevel, Riccioli, Grimaldi, Dominicus Caſſini haben ſie fleißig beobachtet, und gefunden, daß gewöhnlich die Anzahl der Streifen drey iſt, wovon der eine, den man beſtändig ſieht, etwas breiter als die übrigen iſt. Indeſſen iſt ihre Anzahl veränderlich. So fand im Jahre 1664 Joſeph Campani [r]) vier dunkele und zwey helle Streifen im Jupiter. Ueberdem haben auch die Aſtronomen in dieſem Zeitraume dunkele Flecken auf dieſem Planeten entdeckt, aus deren Bewegung Caſſini die Umwälzung um ſeine Axe binnen 9 Stunden 56 Minuten ſchloß. Auch fand Caſſini noch vor 1666 zuerſt, daß dieſer Planet eine abgeplattete Figur habe.

Außer

p) Ibid. tract. 6. cap. 1.

q) Martis circa axem proprium reuolubilis obſeruationes Bononiae habitae. 1666. fol.

r) Ragguaglio di due nuove obſeruatione. Rom. 1665. 4.

Außer den ſchon von Galilei entdeckten 4 Trabanten des Jupiters glaubte Ant. Mar. de Rheita [s]) noch fünf neue Begleiter des Jupiters (planetae vrba noctauiani ſ. Ferdinando tertii ſ. Agrippini von dem Beobachtungsorte Cöln) entdeckt zu haben. Allein es waren dieß Sterne des Waſſermanns, welche Jupiter verließ, als er aus dieſer Gegend des Himmels fortruckte.

Die wunderbare Geſtalt des Saturnusringes, welche ſchon Galilei wahrgenommen hatte, ſahe Gaſſendi im Jahre 1640 wieder. Er machte darauf aufmerkſam, daß Saturn zuweilen zwey runde Körper bey ſich habe, die oft länglicht erſchienen, ſich auch von der Kugel des Planeten abſonderten u. ſ. w. Noch mehrere Beobachtungen hievon führt Riccioli [t]) an; er und ſein Gehülfe Grimaldi erblickten den Saturn gleichſam wie mit zwey Henkeln verſehen. Noch genauer beobachtete dieſe Erſcheinung Hevel in Danzig [u]), und bemerkte zugleich ſeine 15jährige periodiſche Abwechſelung; auch ſetzte er ſechs unterſchiedene Geſtalten deſſelben feſt, ohne ihre Urſachen beſtimmen zu können. Endlich erklärte um das Jahr 1660 Huygens [x]), nachdem er den Saturn mit Fernröhren von 12 bis 13 Fuß Länge beobachtet hatte, alle veränderliche Erſcheinungen des Saturnus daraus, daß ein ziemlich breiter aber wenig dicker Ring in einem gewiſſen Abſtande mitten um die Kugel des Saturnus frey ſchwebe, der von allen Punkten ſeiner Oberfläche gleich weit entfernt iſt, eine beſtändige paral-

s) Oculus Enochi et Eliae ſ. radius ſidereo-myſticus. Antverp. 1658. fol.
t) Almagestum nouum. T. I. p. 487.
u) Diſſ. de Natiua ſaturni facie. Gedani 1656. fol.
x) Syſtema ſaturnium in opp. T. III.

parallele Richtung nach einer Gegend des Himmels hinaus habe, und daß dieſer wie Saturn ſelbſt von der Sonne erleuchtet werde. Die nachherigen Beobachtungen haben auch dieß beſtätigt und genauer beſtimmt.

Dieſer gegen die Ebene der Ekliptik um $13\frac{1}{2}°$ geneigte Ring zeigt ſich der Erde nie anders, als ſchief, unter der Geſtalt einer Ellipſe, deren Breite, wenn ſie am größten iſt, ohngefähr die Hälfte ihrer Länge beträgt. Die ſcheinbare Breite dieſes Ringes iſt ſeiner Entfernung von der Oberfläche des Saturns ohngefähr gleich. Zu verſchiedenen Zeiten erſcheint der Saturn ohne Ring völlig rund; einige Zeit darauf zeigt ſich der Ring zu beyden Seiten des Planeten als eine gerade Linie; nach und nach wird dieſe Linie immer breiter, öffnet ſich endlich, und bildet ein Paar Henkel, welche nach $7\frac{1}{2}$ Jahren am weiteſten offen ſind, und gerade die Kugel umfaſſen. Hierauf werden ſie nach und nach wieder enger, und der ganze Ring verſchwindet etwa nach 15 Jahren von ſeinem erſten Erſcheinen. Alsdenn wird er von neuem ſichtbar, wendet ſich aber auf die andere Seite, wo er abermals nach $7\frac{1}{2}$ Jahren am meiſten offen iſt, und nach $29\frac{1}{2}$ Jahren von der erſten Entſtehung an wiederum verſchwindet. Während dieſer Zeit hat Saturn gerade ſeinen Umlauf um den Himmel einmal vollendet, und bey ſeinem folgenden Umlaufe erſcheinen alle dieſe Veränderungen in der nämlichen Ordnung wieder.

Alle dieſe abwechſelnden Erſcheinungen laſſen ſich ſehr leicht aus der Lage des Ringes gegen die Sonne erklären. Es iſt nämlich die Fläche deſſelben gegen die Fläche der Ekliptik unter einem beſtändigen Winkel von etwa $31\frac{1}{2}°$ geneigt, mithin wird er nur immer ſchief von der Sonne erleuchtet, und kann uns daher nicht

anders

anders als eine Ellipſe erſcheinen. Die Fläche des Ringes behält vermöge der Beobachtungen eine unter ſich parallele Lage durch die ganze Laufbahn des Saturnus; daraus folgt, daß dieſelbe erweitert während einem 30jährigen Umlaufe des Saturnus zweymal durch die Sonne gehen muß, wo alsdenn der Ring nur der Dicke nach erleuchtet wird, der aber zu gering iſt, als daß wir ſelbigen noch bemerken könnten. Der Schatten, welchen dieſe Dicke auf Saturnus Scheibe wirft, bildet daſelbſt einen dunkeln Streifen, welcher aber nur durch ſtarke Fernröhre beobachtet werden kann, und er beweiſet, daß Saturn und ſein Ring dunkele Körper ſind, die von der Sonne erleuchtet werden. Die zwey Punkte, in welchen die Fläche des Ringes die Fläche der Ekliptik durchſchneidet, kann man die Knoten des Ringes nennen. Stellt man ſich durch den Mittelpunkt des Ringes eine Axe auf der Fläche deſſelben ſenkrecht vor, ſo bezeichnen ihre Endpunkte am Himmel die Pole des Ringes. Nach den Beobachtungen fällt der Nordpol aus der Sonne beobachtet gegen den 17° der Zwillinge und der Südpol gegen den 17° des Schützen, alſo liegen die Knoten in der Fläche der Ekliptik im 17° der Jungfrau und dem 17° der Fiſche. Könnten wir den Ring des Saturnus aus dieſen ſeinen Polen betrachten, ſo würde er uns als ein den Saturn umgebender völlig concentriſcher Ring erſcheinen. Sehen wir nun den Saturn in den Zeichen des Schützen und der Zwillinge, oder ſteht der Saturn von der Erde aus geſehen in den Zeichen der Zwillinge und des Schützen, ſo befinden wir uns gerade an den Stellen, von welchen die Fläche des Ringes am weiteſten entfernt iſt, und ſie bildet eine weit geöffnete Ellipſe, deren große Axe ſich zur kleinen wie 1 zu ſin. $31\frac{1}{2}°$, d. i. beynahe wie 1 : $\frac{1}{2}$ verhält, daher die kleine Axe ein wenig größer, als Saturnus Durchmeſſer ſeyn,

oder der Ring die Kugel des Planeten ganz umfaſſen muß. In dieſer Lage ſieht man zwiſchen dem Ringe und dem Planeten hindurch; der Saturn ſcheint gleichſam mit zwey Handhaben verſehen, durch deren Oeffnung es möglich iſt, Fixſterne wahrzunehmen. Befindet ſich hingegen Saturn in den Zeichen der Fiſche und der Jungfrau, oder die Erde wird von dem Planeten aus in den Zeichen der Jungfrau und der Fiſche geſehen, ſo hat nun die Erde ihre Stelle in der erweiterten Fläche des Ringes, mithin müßte der Beobachter nur die ſchmale Kante erblicken, die er wegen der zu geringen Dicke aber nicht bemerken kann, mithin wird in dieſen Zeichen der Ring verſchwinden. Wenn man hiebey zugleich in Betrachtung ziehet, daß die Sonne und die Erde aus dem Saturn nicht völlig an einerley Orte geſehen werden, ſo können drey Fälle eintreten, in welchen uns der Ring unſichtbar wird: 1. wenn die erweiterte Fläche des Ringes durch die Sonne geht, in welchem Falle nur die geringe Dicke erleuchtet wird, 2. wenn dieſe Fläche durch die Erde geht, wo nur die dünne Kante betrachtet werden kann, und 3. wenn eben dieſe Fläche zwiſchen der Erde und der Sonne hindurchgeht; denn in dieſem Falle wird der Erde die von der Sonne abgewendete und folglich dunkele Seite des Ringes zugekehrt. Die beyden erſten Fälle treffen nicht zu völlig gleicher Zeit ein, beſtändig aber kurz vor oder nach einander. Daher kann es Jahre geben, in welchen der Ring wechſelsweiſe ſichtbar, und dann wieder unſichtbar wird, weil die Erde, wenn ſie der Fläche des Ringes nahe ſteht, bey ihrem Umlaufe um die Sonne zweymal durch dieſe Fläche gehen müßte, ſo daß ſie während ſechs Monaten die erleuchtete und während ſechs Monaten die dunkele Fläche des Ringes ſehen würde, wenn Saturn ſich nicht weiter fortbewegte. Noch iſt zu merken, daß die Neigung der Saturnus-

bahn

bahn gegen die Fläche der Ekliptik oder die daher entſtehende Breite des Saturnus die mehr oder mindere offene Geſtalt des Ringes etwas verändern kann.

Uebrigens beobachtete auch ſchon Dominicus Caſſini auf der Fläche des Saturnusringes einen oder mehrere Streifen; indeſſen hat man ihn doch bis auf die neueſten Zeiten für einfach gehalten.

Als Huygens den Saturn mit Fernröhren von 12 bis 23 Fuß Länge betrachtete, entdeckte er am 25. März 1655 einen Saturnusmond y), deſſen Umlaufszeit er angab. Dieſer iſt, wie man nachher gefunden hat, der größte unter den übrigen, und in der Ordnung, vom Saturn aus gerechnet, der vierte. Sechszehn Jahre darauf im Jahre 1671 nahm Dominicus Caſſini durch ein Fernrohr von 17 Fuß den 5ten, und zu Ende des 1672ſten Jahres den dritten mit Fernröhren von 35 und 70 Fuß wahr. Endlich 12 Jahre darauf im Jahre 1684 entdeckte er noch den erſten und zweyten Saturnustrabanten, wobey er ſich Fernröhre von ſehr großer Länge bediente, deren Objektivgläſer Ludwig XIV. mit großen Koſten von Campani in Bologna hatte verfertigen laſſen z).

Kometen.

Die Hypotheſe von der geradlinichten Bahn der Kometen zwiſchen der Sonne und der Erde, welche Kepler vermöge der Beobachtung am Kometen von 1618 anzunehmen glaubte, haben nachher verſchiedene Aſtronomen beybehalten, und iſt beſonders von Adrian

Auzout

y) De ſaturni luna obſeruat. noua ingl. ſyſtema ſaturnium in *Hugenii* opp. T. III.

z) *du Hamel* regiae ſcient. Academ. hiſtoria ad an. 1684. cap. III. p. 244.

Auzout[a]), und Dominicus Caſſini[b]) auf wirkliche Berechnungen angeſtellt worden. Dagegen hielt Hevel ſchon richtiger die Kometenbahn für paraboliſch gegen die Sonne gekrümmt, jedoch ſetzte er nicht ausdrücklich die Sonne in den Brennpunkt derſelben; er betrachtete vielmehr die Kometen als irdiſche Theile aus andern Planeten, welche in einem paraboliſchen Bogen, wie geworfene Körper im Weltraume fortgeſchleudert würden.

Ueber die Natur und Beſchaffenheit der Kometen haben die Aſtronomen und Phyſiker in dieſem Zeitraume verſchiedene Meynungen gehabt, welche alle anzuführen unnöthig ſeyn würde. Einen großen Theil findet man beym Riccioli[c]), und ziemlich vollſtändig bis zum Jahre 1665 beym Stanislaus de Lubienitzki[d]). Den Beobachtungen gemäß beſtehen die Kometen gewöhnlich aus dem Kopf und Schweif; jener hat durch Fernröhre beobachtet einen ziemlich dichten Kern, und um denſelben eine merkliche Atmoſphäre. Der Schweif iſt jederzeit von der Sonne abgekehrt, und folgt daher dem Kopfe nach, wenn der Komet zur Sonne geht, und geht voran, wenn er wieder zurückkommt. Nähert ſich der Komet der Sonne, ſo ſieht man den Kern an dieſer Seite ſeine Rundung verliehren, und ſich gleichſam in Dunſt auflöſen, welcher die Atmoſphäre vergrößert, um den Kern auf beyden Seiten herumgeht, und den Schweif verlängert. Oft ſcheint der Kern ſo aufgelöſet, daß man gar keinen Kopf unterſcheidet. Uebrigens iſt der Schweif allezeit ſo dünn und leuchtend, daß man dadurch die Fixſterne ſehen kann. Dieſen Beobachtungen zu Folge müſſen

alſo

a) Journal des ſavans 1665. Jan. 20. p. 48.

b) Theoria motus cometae an. 1664. Romae 1665. fol.

c) Almageſt. nouum. T. II. p. I. ſqq.

d) Theatrum cometicum. Amſt. 1667. fol. Lugd. Batav. 1681. fol. Par. II.

alſo die Kometen aus einer ſolchen Materie beſtehen, die durch die Einwirkung der Sonnenwärme in Dünſte aufgelöſet wird. Daher hielten die meiſten Aſtronomen dieſes Zeitraumes die Kometen für feine Ausflüſſe der himmliſchen Körper (metheora aetherea). Denn ſo wie von unſerer Erde gar verſchiedene Dünſte in die Atmoſphäre aufſtiegen, eben ſo könnten auch von der Sonne und andern Planeten feine Ausflüſſe davon gehen, und daraus aetheriſche Meteore erzeugt werden. Iſaak Voſſius [e]) hielt die Kometen für brennende Körper, den Schweif für Flamme, und ſagte: unſere Erde würde, wenn ſie einſt brennte, ſich andern Weltkörpern auch als Komet zeigen.

Fixſterne.

Die ſcheinbare Bewegung, da ſich die Fixſterne mit der Ekliptik parallel um die Pole derſelben drehen, oder das ſogenannte große Jahr haben Gaſſendi auf 25000 Jahre, Wendelin auf 25520 Jahre und Riccioli auf 25920 Jahre beſtimmt. Die Vertheidiger des Tychoniſchen Syſtems mußten dieſe Bewegung als wirklich annehmen; nach dem copernicaniſchen Syſteme aber iſt ſie nur ſcheinbar, und hat ihren Grund in der Vorrückung der Nachtgleichen. Indeſſen konnte man von dieſer ſcheinbaren Bewegung vor Newton keine richtige Urſache anführen.

Uebrigens glaubten die meiſten Aſtronomen dieſes Zeitalters, oft merkliche Parallaxen an einigen Fixſternen wahrgenommen zu haben, und berechneten daraus die Entfernungen derſelben von unſerer Erde, die aber unendlich verſchieden ausfiel. — Aſtronomiſche Bemühungen dieſer Art zeigen alſo hinreichend, mit welcher Genauigkeit, und mit welchen feinen Inſtrumenten Beo-

e) De natura lucis et proprietate. Amſtel. 1662. 4. p. 84.

Beobachtungen angeſtellt werden müſſen, um nur einiger Maaßen richtige Reſultate zu erhalten; denn die zu große Verſchiedenheit der berechneten Diſtanzen iſt keine gute Empfehlung. —

Von der Erſcheinung der ſogenannten neuen Sterne ſuchte **Carteſius** [f]) folgende Erklärung zu geben. Er meint, es könnten gewiſſe undurchſichtige Körperchen zwiſchen einigen Sternen und unſerm Auge ſich befinden, ſo daß wir dieſe gar nicht wahrnehmen könnten; bisweilen könnten aber durch die Gewalt der Wirbel die undurchſichtigen Körperchen mit fortgeriſſen werden; daher uns dieſe Sterne ſichtbar würden; durch wieder dazwiſchen tretende undurchſichtige Körperchen aber unſern Augen ſich abermals entzögen.

f) Principia philoſoph. Pars III. prop. III.

Verzeichniß der Naturforſcher,
welche in dem erſten Theile vorkommen.

Italien.

Aggiunti (Franz.) (geſt. 1653.)
Baliani (Johann Baptiſta) (geſt. 1666.)
Borellus (Johann Alphonſus) (geb. 1608. geſt. 1679.)
Borellus (Peter) (geb. 1624. geſt. 1695.)
Boterus (Johann) (geſt. 1608.)
Brunus (Jordan) (ward im Jahre 1600 zu Rom verbrannt)
Campanella (Thomas) (geb. 1569. geſt. 1639.)
Cardanus (Hieronymus) (geb. 1498. geſt. 1576.)
Caſſini (Dominicus) (geb. 1635. geſt. 1717.)
Caſtelli (Benedikt) (geſt. 1644.)
de Dominis (Markus Anton) (geſt. 1624.)
Fabricius ab Aquapendente (Hyeronymus) (geb. 1537. geſt. 1619.)
Fontana (Franz.) (geſt. 1656.)
Galilei (Galilei) (geb. 1564. geſt. 1642.)
Grimaldi (Franz. Maria) (geſt. 1663.)

Kircher (Athanaſius) (geb. 1602. geſt. 1680.)
Maurolycus (Franz.) (geb. 1494. geſt. 1575.)
Montanari (Geminig.) (geb. 1632. geſt. 1687.)
Patritius (Franciſcus) (geb. 1530. geſt. 1597.)
Paul von Venedig (geſt. 1428.)
Porta (Johann Baptiſta) geb. 1545. geſt. 1615.)
Redi (Franciſcus) (geb. 1626. geſt. 1698.)
Ricci (Michael Angelus) (geb. 1598. geſt. 1671.)
Riccioli (Johann Baptiſta) (geb. 1598. geſt. 1671.)
Sanctorius (geſt. 1636. im 75ten Jahre ſ. Alt.)
Scaliger (Julius Cäſar) (geſt. 1558.)
Teleſius (Bernhardinus) (geb. 1508. geſt. 1588.)
Torricelli (Evangeliſta) (geb. 1618. geſt. 1647.)
Viviani (Vincentius) (geb. 1622. geſt. 1703.)
Zuchi (Nicolaus) (geb. 1586. geſt. 1670.)

Frankreich.

Auzout (Adrian) (lebte im 17ten Jahrh.)
Bullialdus (Jsmael) (geb. 1605. geſt. 1694.)
Capräus (Peter) (geb. 1589. geſt. 1664.)
Descartes (Renat) (Carteſius) (geb. 1596. geſt. 1650.)
Fabri (Honoratus) (geb. 1607.)
Fermat (geſt. 1665.)
Fernal (Johann) (geb. 1506. geſt. 1558.)
Gaſſendi (Peter) (geb. 1592. geſt. 1655.)
du Hamel (Joh. Baptiſta) (geb. 1624. geſt. 1706.)
Merſenne (Marinus) (geb. 1588. geſt. 1648.)
de Monconnys (Balthaſ.) (geſt. 1665.)
Paſcal (Blaiſe) (geb. 1623. geſt. 1662.)
de Roberval (geb. 1602. geſt. 1657.)

England.

Bacon von Verulamio (geb. 1560. geſt. 1626.)
Boyle (Robert) (geb. 1625. geſt. 1691.)
Bounker (William) (geb. 1620. geſt. 1684.)
Crabtre (William) (geſt. 1641.)
Fludd ſ. *a Fluctibus* (Robert) (geb. 1574. geſt. 1637.)
Gilbert (William) (zu Anfange des 17. Jahrh.)
Harriot (Thomas) (geb. 1560. geſt. 1621.)
Hooke (Robert) (geb. 1635. geſt. 1703.)
Horrockes (Jeremias) (geſt. 1641.)
Wallis (Johann) (geb. 1616. geſt. 1703.)
Wilkins (Johann) (geb. 1614. geſt. 1672.)
Wren (Chriſt.) (geb. 1632.)

Deutſchland.

Apian oder Bienewitz (Peter) (geb. 1495. geſt. 1552.)
Bauſch (Johann Laurenz) (geb. 1605. geſt. 1665.)
Brengger (Johann Georg) (lebte zu Anf. des 17ten Jahrh.)
Copernicus (Nicolaus) (geb. 1473. geſt 1543.)
Flayder (Friedrich Herrmann) (lebte bis gegen die Mitte des 17ten Jahrh.)
Fleiſcher (Johann) (geb. 1539 geſt. 1593.)
von Guericke (Otto) (geb. 1602. geſt. 1686.)
Kepler (Johann) (geb. 1571. geſt. 1631.)
Lipſtorp (Daniel) (geb. 1631. geſt. 1684.)
Marius oder Mayer (Simon.) (geb. 1490. geſt. 1552.)
Morin (Johann Bapt.) (geſt. 1661.)
Rothmann (Chriſt.) (geſt. 1596.)
Scheiner (Chriſt.) (geb. 1575. geſt. 1650.)
Schott (Caspar) geb. 1627. geſt. 1666.)
Shyrläus de Rheita (Anton Maria) (lebte im 17ten Jahrh.)

Niederlande.

Clichtove (Joſſe) (geſt. 1543.)
Dechales (Claudius Franz Milet) (geb. 1611. geſt. 1678.)
Drebbel (Cornelius) (geb. 1572. geſt. 1634.)
Hand (Jodokus) (geb. 1563. geſt. 1611.)
Hartſoeker (Nicol.) (geb. 1656. geſt. 1725.)
Huygens (Chriſtian) (geb. 1624. geſt. 1695.)
Lansberg (Philipp) (geb. 1560. geſt. 1632.)
Linus (Franz) (geb. 1595.)
Metius (Jakob) (lebte zu Anf. des 17ten Jahrh.)
Mercator (Gerhard) (geb. 1512. geſt. 1634.)
Ortelius (Abraham) (geb. 1527. geſt. 1598.
Snellius (Willebroedus) (geb. 1591. geſt. 1626.)
Stevin (Simon) (geſt. 1633.)
Voſſius (Iſaak) (geb. 1618. geſt. 1689.)

Dännemark.

Longomontan (Chriſtian Severin) (geb. 1562. geſt. 1647.)
Tycho de Brahe (geb. 1546. geſt. 1601.)

Schweiz.

Paracelſus (Aureolus Thephraſtus a Bombaſt von Hohenheim) (geb. 1493. geſt. 1541.)
Cyſati (Johann Baptiſta) (geſt. 1657.)

Polen.

Hevel (Johann) (geb. 1611. geſt. 1687.)
de Lubienitzki (Stanislaus) (geb. 1623. geſt. 1675.)

An die
Herren Pränumeranten
der
Geſchichte
der
Künſte und Wiſſenſchaften.

Nach der bei der 8ten Lieferung abgelegten Berechnung ſoll die 9te Lieferung beſtehen aus : : 90 Bogen.

Hievon liefere ich jetzt:

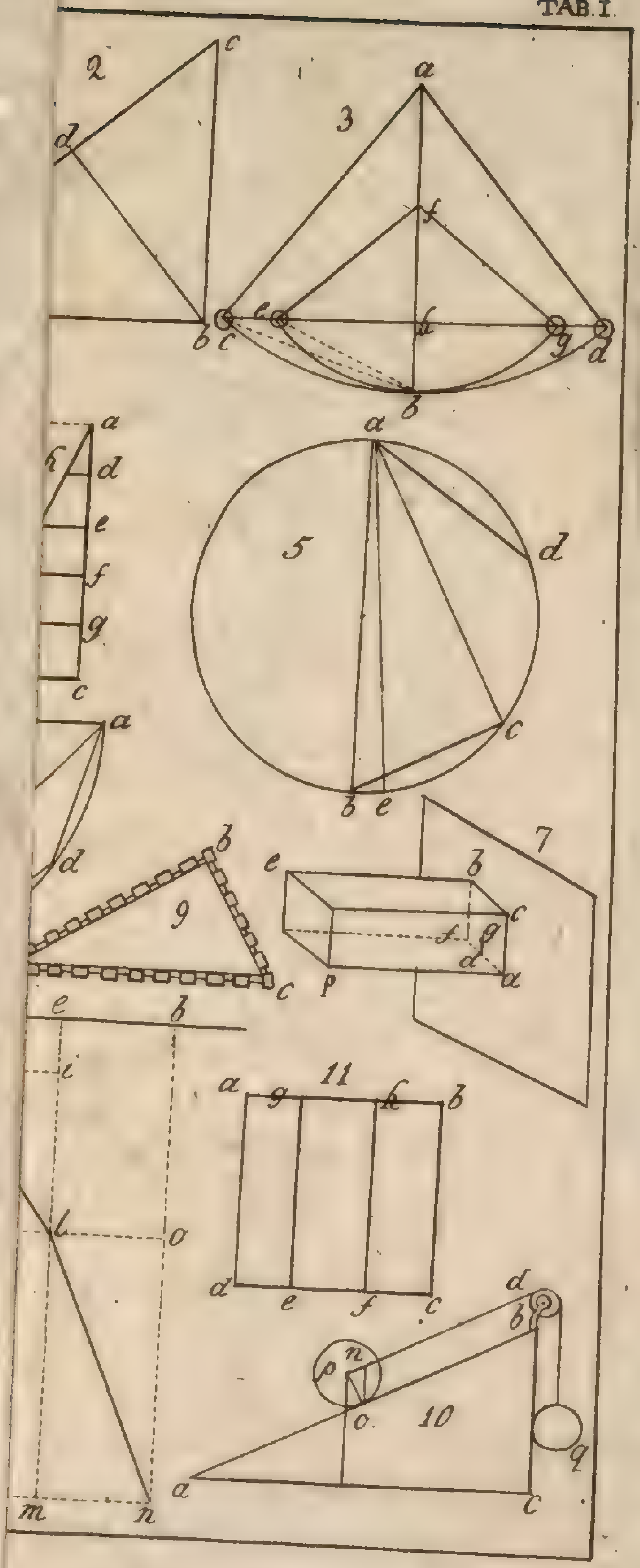
Bouterwek Geſchichte der Poeſie 1. Band	23 Bogen.
Buhle Geſchichte der Philoſophie 2. B. 2 Hlfte	33 Bogen.
Fiſcher Geſchichte d. Phyſik 1. Bd. (m. d. 5 Kpf.)	34 Bogen.
Summa	90 Bogen.

Mithin wird die folgende (10te) Lieferung, welche zu Michaelis ausgegeben werden wird, wieder aus 4 Alphabeten oder 92 Bogen beſtehen müſſen.

Göttingen am 1ten Juni 1801.

J. F. Röwer.

TAB. I.



ez
4
5

BSB Bayerische StaatsBibliothek

MDZ Münchener DigitalisierungsZentrum Digitale Bibliothek

Fischer, Johann Carl,

Geschichte der Physik seit der Wiederherstellung der Künste und Wissenschaften bis auf die neuesten Zeiten

Bd.: 1

Göttingen (1801)

H.lit.u. 109-37
urn:nbn:de:bvb:12-bsb10447551-0
VD18 12058645-001